

昆明植物园冬春季芳香植物景观质量评价

Evaluation of the Landscape Quality of Aromatic Plants in Winter and Spring in Kunming Botanical Garden

黄莎莎 古孟司 金雪花^{*}
HUANG Shasha GU Mengsi JIN Xuehua*

(昆明理工大学建筑与城市规划学院, 昆明 650500)

(Faculty of Architecture and City Planning, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan, China, 650500)

文章编号: 1000-0283(2026)01-0116-10

DOI: 10.12193/j.laing.20250310002

中图分类号: TU986

文献标志码: A

收稿日期: 2025-03-10

修回日期: 2025-06-20

摘要

植物园是植物多样性保护与展示的重要场所, 芳香植物景观因其独特的感官体验和生态价值, 成为提升植物园吸引力的关键要素。以昆明植物园冬春季芳香植物景观为对象, 运用美景度评价和语义差异法对其进行评价, 筛选并分析影响景观美景度的关键因子, 建立昆明植物园冬春季芳香植物景观美景度评价模型。结果表明, 昆明植物园芳香植物景观美景度在冬季主要受植物色彩丰富度和生长势、植物搭配合理性以及空间氛围的影响;而在春季主要受植物色彩和谐性和生长势、景观自然性以及空间设计合理性的影响, 不同季节的芳香植物景观美景度受不同因子的主导, 体现了季节变化对景观评价的影响, 旨在构建芳香植物景观美景度评价模型, 为芳香植物景观美学协同设计提供决策依据。

关键词

美景度评价; 语义差异法; 芳香植物景观; 昆明植物园; 季节变化; 景观评价因子

Abstract

A botanical garden is an essential place for protecting and displaying plant diversity, and an aromatic plant landscape has become a key element in enhancing the attractiveness of a botanical garden due to its unique sensory experience and ecological value. The winter and spring aromatic plant landscapes of Kunming Botanical Garden were evaluated using the Scenic Beauty Estimation and Semantic Differential method, which screened and analyzed key factors affecting Scenic Beauty Estimation and established a winter and spring aromatic plant landscape Scenic Beauty Estimation model for Kunming Botanical Garden. The results show that the Scenic Beauty Estimation of aromatic plant landscape in Kunming Botanical Garden in winter is mainly affected by the richness of plant colours and growth potential, the reasonableness of plant matching and the spatial atmosphere; In contrast, in spring, it is mainly affected by the harmony of plant colours and growth potential, the naturalness of the landscape and the reasonableness of the spatial design, and the Scenic Beauty Estimation of aromatic plants in different seasons is dominated by different factors, which reflects the influence of seasonal changes on the evaluation of landscapes. This study developed a model to evaluate the aesthetics of aromatic plant landscapes, providing a decision-making framework for assessing their aesthetics. This model will inform the collaborative design of aromatic plant landscape aesthetics, enabling informed decision-making.

Keywords

Scenic Beauty Estimation; Semantic Differentia; aromatic plants landscape; Kunming Botanical Garden; seasonal variation; landscape evaluation factor

黄莎莎

2001年生/女/云南曲靖人/在读硕士研究生/
研究方向为园林植物与应用

古孟司

2001年生/女/广西钦州人/本科/研究方向为
园林植物与应用

金雪花

1974年生/女/吉林汪清人/博士/教授、硕士
生导师/研究方向为园林植物应用、园艺疗法
与园林康养

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: xhkim2021@163.com

随着城市化进程的不断推进和人们生活质量的提升, 城市绿地尤其是植物园在改善城市生态环境、提供休闲娱乐空间和教育科研场所等方面发挥着不可替代的作用。植物园不仅是生物多样性保护的重要基地, 更是

公众了解植物知识和亲近自然的理想场所^[1]。现阶段对植物园的研究涉及药用植物应用模式^[2]、特定植物景观评估^[3]、游客感知^[4]、专类园时空分布的差异及与之相关的景观变量^[5]、声景感知^[6]等方面。而有关植物园景观

美景度的研究主要集中在对中心景点的典型植物群落或是单一植物种类的研究^[7-8], 少有从游客的直观体验出发对植物园不同季节同一景观展开美景度评价的研究。

芳香植物景观随着四季更替呈现周期性的变化, 不同的季节, 芳香植物群落具有不同的美学特性、观赏特性和生态属性。研究发现季节是影响景观美景度的重要因素, 季节性变化是景观感知和审美评估的重要组成部分^[9]。另外, 通过方差分析得出季节对视觉的易读性偏好有显著影响^[10]。故运用适宜的景观评价方法探讨芳香植物景观的季节性变化尤为重要。美景度评价法(Scenic Beauty Estimation, SBE)是依据人们的审美评价, 利用“刺激—反应”理论, 建立视觉刺激与认知反应的关联, 以客观地量化不同景观的美景度^[11]。语义差异法(Semantic Differential, SD)则通过一系列的形容词对来收集评价者的意见, 通过分析这些形容词对应的评分来量化景观的特质, 了解人们对于不同芳香植物景观元素的感觉和态度^[12]。SBE-SD法通过对受访者的主观感受进行量化分析, 能够较为全面地反映景观的审美价值和功能效益, 为景观设计和管理提供科学依据。

昆明植物园拥有丰富的植物资源, 这些植物不仅具有较高的观赏价值和生态功能, 还形成了丰富的园内景观。昆明冬春季(12月—次年5月)是芳香植物景观物候特征与美学属性发生显著变化的典型时期。研究表明, 季节更替对植物景观的视觉质量与生态功能具有决定性影响^[9-10]。具体而言, 冬季芳香植物(12月—次年2月)多以常绿植物和耐寒花卉为主导, 叶香类挥发性有机物释放强度受低温抑制, 香气淡雅^[13]; 而春季(3—5月)随着气温回升与光周期延长, 植物进入萌芽开花高峰期, 花香类植物的香气释放量

显著增加, 其挥发性化合物浓度与温度呈正相关^[14-15]。选择冬春两季进行对比研究, 不仅能解析低温与回暖气候下景观因子的差异机制, 还可为植物园景观的时序优化提供理论依据^[11]。芳香植物景观作为现代景观设计的重要组成部分, 不仅有美化环境、提升景观效果的作用, 还能通过其独特的香气对游客产生疗愈效果, 提升游客的整体体验。芳香植物是指具有特殊香气的植物, 其香气成分主要来源于植物体内的挥发性化合物。这些化合物具有多种生物活性, 对人体健康具有积极影响, 芳香植物景观的独特性不仅体现在视觉美感上, 其释放的挥发性有机物可通过嗅觉感知直接影响游客的身心体验。植物香气与视觉要素(如色彩、形态)的协同作用能显著提升景观的沉浸感和疗愈价值^[13]。芳香植物可根据其香气类型、植物类型及生态习性进行分类。目前芳香植物景观研究主要集中在高校芳香植物景观的应用^[14-16], 通过调查校园内芳香植物的种类、观赏特性及群落结构, 发现校园芳香植物以花香类为主, 群落垂直结构以乔灌型配置模式为主并提出了改进建议以提升校园景观效果。森林公园芳香植物资源评价模型^[17]及美丽乡村芳香植物景观的应用^[18]、社区及康复景观中芳香植物的应用^[19]、芳香植物景观带来的游客体验与地方依恋^[20]。

研究昆明植物园芳香植物景观的美景度有助于探究芳香植物的嗅觉和美学价值, 可以更全面地评价景观的质量, 探讨芳香植物的应用前景。本研究通过问卷调查和实地考察, 收集昆明植物园冬、春季芳香植物景观相关评价数据, 运用SBE-SD法对这些数据进行分析和评价, 并建立植物园冬、春景观美景度评价模型, 探究不同景观要素与芳香植物景观美景度之间的相关性, 从而为优化昆

明植物园冬春季芳香植物景观提供参考。

1 研究区概况

昆明市(24° 23'—26° 33' N, 102° 10'—103° 40' E)地处云贵高原中部, 为云南省省会及西南地区中心城市, 属亚热带高原季风气候, 年均温度14.7°C, 四季如春, 素有“春城”之称。昆明植物园(25° 07' 04.9"—25° 08' 54.8" N, 102° 44' 15.2"—102° 44' 47.3" E)位于昆明市北郊黑龙潭风景区, 海拔1 914~1 990 m, 地处云南高原与横断山南段过渡带, 属中亚热带内陆高原气候, 年均温度14.7°C, 年降水量1 006.5 mm, 相对湿度73%^[21]。园区开放面积44 hm², 分东、西两区, 以资源植物引种驯化与种质资源迁地保护为核心, 集科研、保育、科普与可持续利用于一体^[22], 保育植物8 840余种(含品种), 涵盖西南地区及全球特色物种, 是西南重要植物资源保育基地。昆明植物园是云南省人民政府首批授予“云南省科普教育基地”称号的单位之一。园区依托“扶荔宫”温室群、山茶—杜鹃专类园等核心园区, 创新融合自然教育与生态旅游, 开展生物多样性保护主题研学活动。2024年数据显示昆明植物园实体入园量达98.9万人次, 线上科普传播量超4 942万次。作为科研科普融合载体, 全年开展59项146场科普活动, 惠及线下受众50.87万人次, 同步推进《国家植物园标识展示规范》等标准建设, 基地在科技成果转化与公众科学教育中发挥核心枢纽作用。

2 研究方法

2.1 美景度评价法

本研究基于对昆明植物园的实地调研, 选取30个样地作为美景度评价研究对象。调研期为2023年12月—2024年5月(冬季12—2月;

春季3—5月), 在晴朗天气的9:00—16:00对各样地进行照片拍摄。拍摄时一律采用横向拍摄, 镜头与眼齐高且与地面保持平行, 不使用滤镜和闪光灯。对照片进行编号, C开头为春季照片, D开头为冬季照片。要求评价者依据对景观的喜爱程度对图片进行打分, 问卷评价尺度采用七分制, 分值依次为-3、-2、-1、0、1、2、3。分值越大, 表示评价者对该景观喜好程度越高, 反之越低。逐一检查所有收回的问卷, 剔除无效问卷后, 汇总剩余有效的问卷数据到Excel表中。本次评价经过筛选剔除无效问卷, 共获得冬季问卷136份, 春季问卷104份, 计算公式见(1) (2)^[23]。

$$Z_{ij} = (R_{ij} - \bar{R}_i)/S_i \quad (1)$$

$$Z_j = \sum_i Z_{ij}/N_j \quad (2)$$

式中, Z_{ij} 为第*i*人对第*j*张芳香植物景观照片的标准化评分; R_{ij} 为第*i*人对第*j*张芳香

植物景观照片的评分; \bar{R}_i 为第*i*个人对所有照片评分的平均值; S_i 为第*i*人对所有照片评分的标准差; Z_j 为第*j*张芳香植物景观照片的标准化得分; N_j 为第*j*张芳香植物景观照片的有效评价者数量。问卷采用线下实地发放与线上平台结合方式, 冬季回收周期为2023年12月—2024年1月, 春季为2024年3—4月, 共发放冬季问卷150份、春季问卷120份, 回收有效问卷分别为136份(有效率90.7%)和104份(有效率86.7%)。参与者包括园林专业学生(40%)、植物园游客(50%)及景观从业者(10%), 年龄分布为18~25岁(60%)、26~40岁(30%)、40岁以上(10%), 以确保评价群体的多样性和专业性。

具有代表性(图1)。

分析样地中的不同景观信息, 结合专家建议, 参考相关植物景观美景度研究的文献资料, 在美景度评价的基础上, 选择与芳香植物景观美景度密切相关的因子进行要素分解, 最终筛选出11个景观要素指标(表1)。针对不同评价指标拓展出指标评价类目进行二次问卷调查(表2)。

2.3 构建回归模型

基于标准化美景度评分(Z_j)与11个景观要素, 采用后退法进行多元线性回归分析(SPSS 26.0), 逐步剔除显著性水平($p > 0.05$)的变量, 最终保留冬季4个、春季4个关键因子, 并通过VIF检验($VIF < 5$)排除共线性干扰。

3 结果分析

3.1 芳香植物调查

调研结果(图2)发现昆明植物园内的芳香植物有107种, 其中芳香类乔木有52种; 芳香类灌木有50种; 芳香类草本有5种。乔木应用较多, 占49%, 如乐昌含笑(*Michelia*



图1 昆明植物园平面及样线调查图

Fig. 1 Plan of Kunming Botanical Garden and sample line survey map

图2 昆明植物园芳香植物不同类型统计

Fig. 2 Statistics of different types of aromatic plants in Kunming Botanical Garden

2.2 芳香植物景观样地选取及要素分解

根据昆明植物园芳香植物分布密度、景观多样性及游客主要游览路线, 样地选择基于5%抽样强度原则, 在昆明植物园内系统布设12条独立样线(单线长度≥800 m, 覆盖宽度≥2 m)及30个分层抽样样方(乔木10 m×10 m, 灌木5 m×5 m, 草本2 m×2 m), 覆盖东、西园区, 确保样地空间分布均匀且

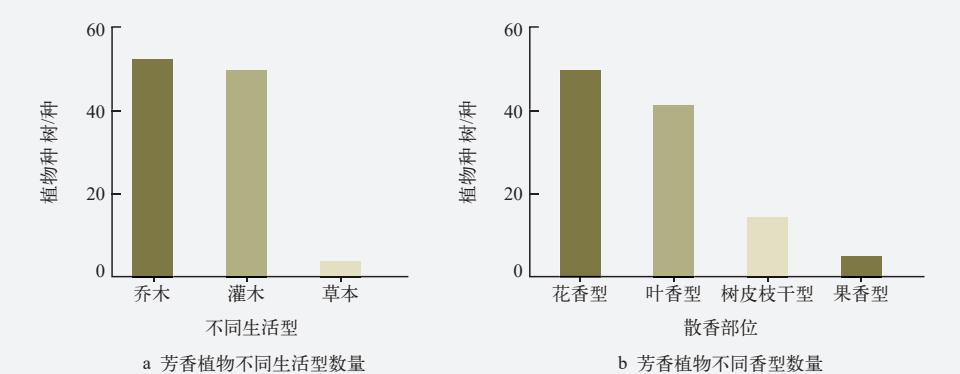


表1 景观要素评价指标
Tab. 1 Evaluation indicators of landscape elements

评价指标 Evaluation indicator	描述 Description	形容词对 Adjective-to-adjective ratio
色彩丰富度 (X_1)	通过数量量化植物景观的色彩组成是否丰富	单调的 / 丰富的
色彩和谐性 (X_2)	植物色彩(明暗、冷暖、饱和度等)的对比与调和、统一与变化、比例与平衡、节奏与律动是否与主体画面和谐	违和的 / 和谐的
植物生长势 (X_3)	植物生长发育的旺盛程度(如枝条的数量、长短和粗细、花朵和叶片的大小等)	差的 / 好的
植物遮阴面积 (X_4)	乔木树冠在阳光直射下在地面的投影面积	小的 / 大的
植物物种多样性 (X_5)	一定区域内,特定群落植物物种组成是否丰富多样	单一的 / 多样的
植物搭配合理性 (X_6)	是指植物组合在其形态、种类选择与色彩搭配、配置组合方式、植物本身与周围环境相融合配度形态等方面协调性	不合理的 / 合理的
景观自然性 (X_7)	景观营造中,通过模仿自然现象和过程所创造出自然、生态、原始的感觉和效果	差的 / 好的
景观吸引度 (X_8)	植物景观对游人的吸引力,包括景观质量、可达性、体验感知程度、特色亮点等	无吸引力的 / 有吸引力的
空间围合度 (X_9)	利用植物对所限区域进行围合形成空间,分为开敞的、半开敞的、一般的、较封闭的和完全封闭的空间	封闭的 / 开敞的
空间设计合理性 (X_{10})	空间设计是否紧密联系生态效应、功能及观赏性(需考虑自然发展规律、物质的循环利用、景观场地的自我维持、人性化、可持续发展等)	不合理的 / 合理的
空间氛围 (X_{11})	空间设计营造氛围包括喧嚣、静谧、神秘、诗意、朦胧、萧瑟、庄重、浪漫、明丽等	糟糕的 / 舒适的

表2 SD法评价指标量化
Tab. 2 Quantification of evaluation indicators of SD method

评价指标 Evaluation indicator	类目 Category				
	1	2	3	4	5
色彩丰富度 (X_1)	1~2种	3~4种	4~5种	6~8种以上	8种以上
色彩和谐性 (X_2)	单色和谐	邻近色和谐	对比色和谐	三色和谐	多色和谐
植物生长势 (X_3)	强	较强	中等	较弱	弱
植物遮阴面积 (X_4)	< 10%	[10%, 30%)	[30%, 50%)	[50%, 70%)	≥ 70%
植物物种多样性 (X_5)	1~5种	6~10种	11~15种	16~20种	21种及以上
植物搭配合理性 (X_6)	合理	较合理	一般	较不合理	不合理
景观自然性 (X_7)	好	较好	一般	较差	差
景观吸引度 (X_8)	毫无吸引力	较无吸引力	一般	较有吸引力	有吸引力
空间围合度 (X_9)	开敞	半开敞	一般	较封闭	完全封闭
空间设计合理性 (X_{10})	合理	较合理	一般	较不合理	不合理
空间氛围 (X_{11})	舒适	较舒适	一般	较糟糕	糟糕

chapensis)、山玉兰(*Magnolia delavayi*)、茶梅(*Camellia sasanqua*)、李(*Prunus salicina*)等。灌木次之,占47%,如杜鹃(*Rhododendron simsii*)、迷迭香(*Rosmarinus officinalis*)、清香木(*Pistacia weinmanniifolia*)等。草本最少,占4%,有益母草(*Leonurus japonicus*)、蜀葵(*Alcea rosea*)、

雏菊(*Bellis perennis*)等。根据散香部位不同可将其香型分为花香类、叶香类、果香类、根茎类。其中花香类数量最多,有48种,如映山红(*Rhododendron simsii*)、云南含笑(*Michelia yunnanensis*)、蒙自桂花(*Osmanthus henryi*)等,其次是叶香类的翠柏(*Calocedrus*

macrolepis)、北美鹅掌楸(*Liriodendron tulipifera*)、油杉(*Keteleeria fortunei*)、桑(*Morus alba*)等和根茎类的迷迭香、新樟(*Neocinnamomum delavayi*)、墨西哥落羽杉(*Taxodium mucronatum*)等,数量分别为40种、14种。果香类最少,榅桲(*Cydonia oblonga*)、杏(*Armeniaca vulgaris*)、李、

柿 (*Diospyros kaki*)、大果枣 (*Ziziphus mauritiana*) 5 种。基于芳香植物分类及文献^[24]表明, 植物园冬季以叶香类如雪松 (*Cedrus deodara*)、枫香 (*Liquidambar formosana*) 为主, 香气较弱; 春季则以花香类如玉兰 (*Yulania denudata*)、樱花 (*Prunus serrulata*) 为主, 香气释放随温度升高显著增强。

3.2 样地美景度及香气特性分析

冬季30个样地的美景度 (SBE值) 范围为-0.57 ~ 0.65。乔—灌—草复合结构样地中, 大多含有常绿植物, 植物香型也多以叶香和根茎香占主导, SBE值达0.40 ~ 0.47。其中美景度最高的28号样地乔木层(池杉、水松)提供骨架, 中层垂柳柔化中层形态与灌木层(凤尾丝兰)、草本层(鸢尾)对比突出, 显著增强景观层次且香型均衡 (RH50%、LE33%、FL17%); 而低分样地(如16号、14号)落叶植物(云南梧桐、青皮槭)占比过高, 样地内其植物搭配缺乏层次感, 景观显得单一和缺乏变化, 并且香型单一 (FL50%、LE50%), 导致其观赏性不足。

春季样地 (C1-C30) SBE值范围-0.72 ~ 0.41, 高分样地(如28号、2号)以根茎香型为主导(池杉、西藏柏木), 叶香型和花香型占比17% ~ 50%, 其植物群落结构稳定, 层次分明, 画面和谐统一。池杉和水杉的高大挺拔, 垂柳的枝条, 鸢尾的花朵等, 它们相互搭配, 形成了丰富的景观层次和视觉焦点。低分样地(如14号、9号)植物香型均衡, 但因样地内多为落叶乔木与灌木, 植物色彩搭配不协调且缺乏清晰的空间层次而导致美景度评分低。

30个样地中, 香型组成呈现显著季节性差异, 冬季以叶香型与根茎香型协同为主, 春季则以花香型为主。冬春两季美景度高分样地都为乔—灌—草结构, 其垂直层次丰富、

辅以香型协同提升景观美景度的同时增强景观的感官吸引力。

3.3 景观因子分析

3.3.1 植物园冬、春季芳香景观要素分析

将所有景观要素评价指标进行分值统计(表3), 计算30个样地冬、春季的11个景观评价指标值并对其作正态性检验。因样本量30 < 50, 采用了夏皮洛—威尔克检验^[24], 结果表明冬季所有景观要素服从正态分布, 春季除景观自然性外, 其余景观要素整体服从正态分布。

采用斯皮尔曼相关系数对两个季节SBE值与景观要素评价指标值作相关性分析和显著性检验(表4), 其中冬季相关性程度由高到低依次为空间氛围>植物生长势>景观吸引度>植物搭配合理性>空间设计合理性>植物物种多样性>色彩丰富度>色彩和谐性>景观自然性>空间围合度>植物遮阴面积; 春季相关性程度由高到低依次为景观自然性>色彩和谐性>空间氛围>植物搭配合理性=空间设计合理性>景观吸引度>色彩丰富度>空间围合度>植物生长势>植物物种多样性>植物遮阴面积。冬季美景度模型中, 植物生长势 (X_3) 与空间氛围 (X_{11}) 的显著性与叶香类植物的耐寒性相关。例如, 雪松在冬季仍保持叶片绿色, 香气虽较淡, 但可通过嗅觉感知弥补视觉单调性^[25]。耐寒植物通过叶色及香气可缓解冬季视觉单调性, 提升空间氛围评分。春季模型中, 色彩和谐性 (X_2) 与景观自然性 (X_7) 的显著影响源于花香类植物的花色与其香气。

3.3.2 冬、春季芳香植物景观美景度模型

本研究的因变量 (Y) 为标准化景观美景度评分, 该指标通过语义差异法评价体系量

化获得, 具体包含植物生长势、色彩丰富度等11项景观要素, 回归系数则反映各景观要素对标准化美景度评分。

冬季芳香植物景观美景度模型回归系数如表6。模型的复合相关系数 ($R = 0.909$) 与判定系数 ($R^2 = 0.826$) 表明模型线性关联, 调整后判定系数 ($R^2 = 0.798$) 进一步验证其有效性。通过方差膨胀因子 ($VIF < 2$) 和显著性检验 ($p < 0.05$) 排除共线性干扰后, 模型最终保留以下4个显著景观要素, 见公式(3)。

$$Y = -1.196 + 0.394X_1 + 0.738X_3 + 0.502X_6 \\ + 0.550X_{11} \quad (3)$$

即植物生长势、色彩丰富度、植物搭配合理性、空间和谐度是影响昆明植物园冬季芳香植物景观美景度的4个主要景观因子。耐寒植物在冬季维持生长势 (X_3), 叶香型常绿植物的叶色叶香共同缓解视觉单调性, 提升空间氛围 (X_{11})。冬季常绿植物与观花植物的合理搭配 (X_6) 打破冬季色彩单一性 (X_1), 形成层次分明的视觉效果。

春季芳香植物景观美景度模型的复合相关系数 ($R = 0.788$) 与判定系数 ($R^2 = 0.621$) 表明模型线性关联, 调整后判定系数 ($R^2 = 0.560$) 进一步验证其有效性。通过方差膨胀因子 ($VIF < 2$) 和显著性检验 ($p < 0.05$) 排除共线性干扰后, 模型最终保留以下4个显著景观要素, 见公式(4) :

$$Y = -0.360 + 0.531X_2 - 0.441X_3 + 0.733X_7 \\ + 0.315X_{10} \quad (4)$$

即植物生长势、色彩和谐度、景观自然性、空间设计合理性是影响昆明植物园春季芳香植物景观美景度的4个主要景观因子。春季植物生长势 (X_3) 良好, 如植物的新叶舒展会与花期同步增强色彩对比, 促进景观色彩和谐性 (X_2), 反之则起抑制作用。空间

表3 不同样地美景度评分情况
Tab. 3 Scoring of the degree of beauty of different landscapes

垂直结构 Vertical structure	样地编号 Sample plot number	植物群落组成 Composition of plant communities	香型组成 Fragrance composition	SBE 值 SBE value	样地排名 Sample plot ranking
	28	池杉 (<i>Taxodium ascendens</i>) (RH) + 水杉 (<i>Metasequoia glyptostroboides</i>) (LE, RH) + 水松 (<i>Glyptostrobus pensilis</i>) (RH) + 中山杉 (<i>Taxodium 'Zhongshanshan'</i>) (LE) + 垂柳 (<i>Salix babylonica</i>) + 白蜡树 (<i>Fraxinus chinensis</i>) + 凤尾丝兰 (<i>Yucca gloriosa</i>) + 鸢尾 (<i>Iris tectorum</i>) (FL)	RH50%; LE33%; FL17%	0.47	1
	2	高山三尖杉 (<i>Cephalotaxus fortunei</i>) + 西藏柏木 (<i>Cupressus torulosa</i>) (RH) + 千头柳杉 (<i>Cryptomeria japonica</i>) + 龙柏 (<i>Sabina chinensis</i>) (LE) + 苏铁 (<i>Cycas revoluta</i>) + 肾蕨 (<i>Nephrolepis cordifolia</i>)	RH50%; LB50%	0.45	2
	24	金钱松 (<i>Pseudolarix amabilis</i>) (LE) + 北美红杉 (<i>Sequoia sempervirens</i>) (LE) + 雪松 (<i>Cedrus deodara</i>) (LE) + 水杉 (RH) + 福建柏 (<i>Fokienia hodginsii</i>) (RH) + 池杉 (LE) + 小果垂枝柏 (<i>Juniperus coxii</i>) + 麦冬 (<i>Ophiopogon japonicus</i>)	LE67%; RH33%	0.40	3
	10	池杉 (RH) + 垂柳 + 董棕 (<i>Caryota obtusa</i>) + 桂花 (<i>Osmanthus fragrans</i>) (FL) + 大叶紫珠 (<i>Callicarp macrophylla</i>) (FL) + 大花飞燕草 (<i>Delphinium × cultorum</i>) + 糯米香 (<i>Strobilanthes tonkinensis</i>)	RH33%; FL67%	0.14	8
	1	雪松 (LE) + 贡山三尖杉 (<i>Cephalotaxus griffithii</i>) (RH) + 银杉 (<i>Cathaya argyrophylla</i>) (RH) + 五针白皮松 (<i>Pinus squamata</i>) (LE) + 东北红豆杉 (<i>Taxus cuspidata</i>) + 铺地龙柏 (<i>Juniperus chinensis 'Kaizuka Procumbens'</i>) + 粗榧 (<i>Cephalotaxus sinensis</i>) + 大理罗汉松 (<i>Podocarpus forrestii</i>) (LE) + 矶根 (<i>Heuchera</i>)	RH50%; LE50%	0.14	6
	3	山玉兰 (FL) + 思茅松 (<i>Pinus langbianensis</i>) + 枫香 (RH) + 四叶厚朴 (<i>Houpoea officinalis 'Biloba'</i>) (FL) + 云南含笑 (FL) + 麻兰 (<i>Phormium tenax</i>) + 竹根七 (<i>Disporopsis fuscopicta</i>)	RH15%; FL75%	0.14	7
	18	黄连木 (<i>Pistacia chinensis</i>) (LE) + 云南梧桐 (<i>Firmiana major</i>) (FL) + 毛果木莲 (<i>Manglietia ventii</i>) + 喜核桃 (<i>Carya sinensis</i>) (RH) + 山茶 (<i>Camellia japonica</i>) (FL, LE) + 肾蕨	LE40%; FL40%; RH20%	0.13	9
乔—灌—草	25	山玉兰 (FL) + 滇山茶 (<i>Camellia reticulata</i>) (FL, LE) + 常春藤 (<i>Hedera nepalensis</i>) + 菊瓣山茶 (<i>Camellia reticulata 'Juban'</i>) (FL) + 百子莲 (<i>Gynura divaricata</i>) (FL)	FL80%; L20%	0.11	10
	27	北美鹅掌楸 (LE) + 雪松 (LE) + 杉木 (<i>Abies holophylla</i>) (LE) + 滇朴 (<i>Celtis tetrandra</i>) (RH) + 桂花 (FL) + 雪柳 (<i>Spiraea thunbergii</i>) + 麦冬	LE60%; RH20%; FL20%	0.08	11
	12	山玉兰 (FL) + 垂丝海棠 (<i>Malus halliana</i>) (FL) + 高盆樱桃 (<i>Prunus cerasoides</i>) (FL) + 昆明小檗 (<i>Berberis kunningensis</i>) + 红花檵木 (<i>Loropetalum chinense</i>) (FL) + 扁竹兰 (<i>Iris wattii</i>)	FL100%	0.07	12
	13	龙柏 (LE) + 雪松 (LE) + 紫红鸡爪槭 (<i>Acer palmatum 'Atropurpureum'</i>) + 四蕊朴 (<i>Celtis tetrandra</i>) + 刺通草 (<i>Trevesia palmata</i>) (LE) + 清香木 (LE) + 金银忍冬 (<i>Lonicera maackii</i>) (FL) + 肾蕨 + 百子莲	LE80%; FL20%	0.02	14
	9	厚朴 (<i>Houpoea officinalis</i>) (RH) + 荷花玉兰 (<i>Magnolia grandiflora</i>) (FL) + 栗 (<i>Castanea mollissima</i>) (FL) + 柿 (<i>Diospyros kaki</i>) (FR) + 山茱萸 (<i>Cornus officinalis</i>) (FL) + 仿栗 (<i>Sloanea hemsleyana</i>) (FL) + 琼花 (<i>Viburnum keteleeri</i>) (FL) + 柘 (<i>Maclura tricuspidata</i>) + 云木香 (<i>Aucklandia costus</i>) + 当归 (<i>Angelica sinensis</i>) + 黄芪 (<i>Astragalus membranaceus</i>) (LE) + 蕃香 (<i>Agastache rugosa</i>) (RH, LE)	RH20%; FL50%; LE20%; FR10%	-0.07	19
	15	侧柏 (<i>Platycladus orientalis</i>) (RH) + 滇润楠 (<i>Machilus yunnanensis</i>) (FL, LE) + 滇桐 (<i>Craigia yunnanensis</i>) + 石榴 (<i>Punica granatum</i>) (FR) + 杜鹃 (FL) + 长柱十大功劳 (<i>Mahonia duclouxiana</i>) + 红叶石楠 (<i>Photinia × fraseri</i>) (FL) + 诸葛菜 (<i>Orychophragmus violaceus</i>) + 金边龙舌兰 (<i>Agave americana</i>)	RH18%; FL45%; FR10%; LE27%	-0.08	20
	26	水杉 (RH, LE) + 高盆樱桃 (LE) + 玉兰 (FL) + 棕榈 (<i>Trachycarpus fortunei</i>) + 紫玉兰 (<i>Yulania liliflora</i>) (FL) + 凤尾竹 (<i>Bambusa multiplex</i>) + 白花紫藤 (<i>Wisteria sinensis</i>)	RH20%; LE40%; FL40%	-0.14	23
	11	鸡爪槭 (<i>Acer palmatum</i>) (LE) + 漾濞槭 (<i>Acer yangbiense</i>) (LE) + 八角金盘 (<i>Fatsia japonica</i>) + 昆明小檗 + 红花檵木 (FL) + 鼠尾草 (<i>Salvia japonica</i>) (FL)	LE50%; FL50%	-0.16	24

续表

垂直结构 Vertical structure	样地编号 Sample plot number	植物群落组成 Composition of plant communities	香型组成 Fragrance composition	SBE 值 SBE value	样地排名 Sample plot ranking
	19	垂丝海棠 (FL) + 云南松 (<i>Pinus yunnanensis</i>) (LE) + 云南七叶树 (<i>Aesculus wangii</i>) + 山樱花 (<i>Prunus serrulata</i>) (FL) + 南迎春 (<i>Jasminum mesnyi</i>) (FL) + 金边黄杨 (<i>Euonymus japonicus</i> 'Aurea-marginatus')	LE25%; FL75%	0.03	13
	5	华盖木 (<i>Pachylarnax sinica</i>) + 二乔玉兰 (<i>Yulania×soulangeana</i>) (FL) + 云南拟单性木兰 (<i>Parakmeria yunnanensis</i>) (FL) + 夜香木兰 (<i>Lirianthe coco</i>) (FL) + 无花果 (<i>Ficus carica</i>) (FR) + 金银忍冬 (FL)	FL100%	0.01	15
	17	枇杷 (<i>Eriobotrya japonica</i>) (FR) + 鹅掌楸 (<i>Liriodendron chinense</i>) (LE) + 连香树 (<i>Cercidiphyllum japonicum</i>) + 滇润楠 (FL, LE) + 栓皮栎 (<i>Quercus variabilis</i>) + 银杏 (<i>Ginkgo biloba</i>) (LE) + 华盖木 + 红花槭 (FL)	FL80%; FR20%	0.01	16
	20	川梨 (<i>Pyrus pashia</i>) (FR) + 鹅掌楸 (LE) + 高盆樱桃 (LE) + 华山松 (<i>Pinus armandi</i>) + 干香柏 (<i>Cupressus duclouxiana</i>) (RH) + (<i>Quercus franchetii</i>) + 白花泡桐 (<i>Paulownia fortunei</i>) + 云南松 (LE) + 锦绣杜鹃 (<i>Rhododendron×pulchrum</i>) (FL) + 金银忍冬 (FL)	FR14%; RH14%; LE43%; FL29%	-0.04	17
乔—灌	8	棟 (<i>Melia azedarach</i>) (FL) + 梓 (<i>Catalpa ovata</i>) (FL) + 金钱槭 (<i>Dipteronia sinensis</i>) (LE) + 翠柏 (LE) + 栎叶枇杷 (<i>Eriobotrya prinoides</i>) (FR) + 油桐 (<i>Vernicia fordii</i>) + 桂花 (FL) + 川滇无患子 (<i>Sapindus delavayi</i>) + 蒙自桂花 (FL) + 三对节 (<i>Rothecea serrata</i>) + 含笑 (<i>Michelia figo</i>) (FL)	FL62.5%; FR12.5%; LE25%	-0.06	18
	4	鹅掌楸 (LE) + 北美鹅掌楸 (LE) + 杂交鹅掌楸 (<i>Liriodendron×sinoamericanum</i>) (LE) + 垂丝海棠 (FL) + 山玉兰 (<i>Yulania zenii</i>) (FL) + 宝华玉兰 (<i>Yulania chinensis</i>) (FL) + 竹柏 (<i>Nageia nagi</i>) + 红花木莲 (<i>Manglietia insignis</i>) + 红花山玉兰 (<i>Lirianthe delavayi 'Rubra'</i>) (FL) + 花叶青木 (<i>Aucuba japonica</i>)	LE43%; FL57%	-0.10	21
	7	云南梧桐 (FL) + 紫荆 (<i>Cercis chinensis</i>) + 闽楠 (<i>Phoebe bournei</i>) + 枫香 (LE) + 梧桐 (<i>Firmiana simplex</i>) (FL) + 木麻黄 (<i>Casuarina equisetifolia</i>) + 尼泊尔桤木 (<i>Alnus nepalensis</i>) + 常春藤	FL67%; LE33%	-0.24	27
	23	黄杉 (<i>Pseudotsuga sinensis</i>) (LE) + 黑松 (<i>Pinus thunbergii</i>) (RH) + 福建柏 (RH) + 干香柏 (LE) + 三棱栎 (<i>Formanodendron doichangensis</i>) + 雪松 (LE) + 野迎春 (FL) + 马甲子	RH33%; LE50%; FL17%	-0.36	28
	16	窄叶枇杷 (<i>Eriobotrya henryi</i>) + 贵州石楠 (<i>Photinia bodinieri</i>) (FL) + 山樱花 (FL) + 川梨 (FR) + 牛筋条 (<i>Photinia loriformis</i>)	FL67%; FR33%	-0.49	29
	14	青皮槭 (<i>Acer cappadocicum</i>) (LE) + 杜仲 (<i>Eucommia ulmoides</i>) + 樟叶槭 (<i>Acer coriaceifolium</i>) (LE) + 锦绣杜鹃 (<i>Rhododendron×pulchrum</i>) (FL) + 映山红 (FL) + 常春藤	LE50%; FL50%	-0.57	30
	29	棕榈 + 珙桐 (<i>Davidia involucrata</i>) (FL) + 火炬花 (<i>Kniphofia uvaria</i>) (FL) + 马蹄莲 (<i>Zantedeschia aethiopica</i>) + 萱草 (<i>Hemerocallis fulva</i>) (FL) + 三叶草 (<i>Trifolium repens</i>) + 长萼大叶草 (<i>Gunnera manicata</i>)	FL100%	0.34	4
乔—草	30	垂柳 + 池杉 (RH) + 云南松 (LE) + 杜仲 + 雪松 (LE) + 芦苇 (<i>Phragmites australis</i>) + 竹根七 (RH) + 玉簪 (<i>Hosta plantaginea</i>) (FL)	RH25%; LE50%; FL25%	0.31	5
	22	香叶树 (<i>Lindera communis</i>) (LE) + 云南松 (LE) + 栓皮栎 + 棕榈 + 桉 (<i>Eucalyptus robusta</i>) + 惠兰 (<i>Cymbidium faberi</i>) (FR) + 肾蕨 + 麦冬	FR33%; LE67%	-0.18	25
	21	西藏柏木 (RH) + 干香柏 (RH) + 侧柏 (RH) + 云南松 (LE) + 栓皮栎	LE25%; RH75%	-0.11	22
乔木	6	枫香 (LE) + 水丝梨 (<i>Sycomorus sinensis</i>) (FL) + 马蹄荷 (<i>Exbucklandia populnea</i>) (LE) + 红花荷 (<i>Rhodoleia championii</i>) (LE)	LE75%; FL25%	-0.23	26

注: 表格中加粗植物均为芳香植物, 植物香型根茎 (Rhizome, RH), 花 (Flower, FL), 叶 (Leaf, LE), 果 (Fruit, FR)。

设计合理性 (X_{10}) 通过布局优化植物层次与视线通透性, 平衡植物生长势 (X_3) 与景观自然性 (X_7)。

4 结论与讨论

昆明植物园冬、春季芳香植物景观美景度评价中等, 得分为正值的样地与得分为负

值的样地数量相当。在对研究样地的群落结构美景度进行分析时, 发现不同垂直结构类型的芳香植物景观质量排序为乔—草型>

表4 冬、春季评价样本SBE值与景观要素评价指标SD值正态性检验结果

Tab. 4 Results of normality test between SBE values of evaluation samples and SD values of evaluation indexes of landscape elements in winter and spring

	SBE 值 SBE value	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
平均值	0.000	0.501	0.518	0.593	0.518	0.513	0.522	0.578	0.504	0.570	0.547	0.544
夏皮洛 - 威尔克统计量	0.970	0.969	0.964	0.981	0.962	0.937	0.972	0.960	0.971	0.946	0.969	0.974
显著性	0.536	0.503	0.384	0.855	0.346	0.075	0.599	0.311	0.565	0.131	0.503	0.644
平均值	0.000	0.257	0.304	0.263	0.263	0.295	0.268	0.313	0.254	0.284	0.272	0.305
夏皮洛 - 威尔克统计量	0.950	0.951	0.981	0.981	0.979	0.987	0.980	0.921	0.972	0.970	0.948	0.960
显著性	0.167	0.180	0.858	0.862	0.798	0.967	0.824	0.028	0.609	0.541	0.146	0.302

表5 冬、春季评价样本SBE值与景观要素评价指标值相关性结果

Tab. 5 Results of correlation between SBE values of evaluation samples in winter and spring and evaluation index values of landscape elements

	SD 景观要素指标 SD Landscape element indicator	斯皮尔曼相关系数 Spearman's correlation coefficient	
		美景度 Scenic beauty	
冬季	色彩丰富度	0.674**	
	色彩和谐性	0.620**	
	植物生长势	0.769**	
	植物遮阴面积	0.441*	
	植物物种多样性	0.693**	
	植物搭配合理性	0.700**	
	景观自然性	0.573**	
	景观吸引度	0.752**	
	空间围合度	0.476**	
	空间设计合理性	0.698**	
春季	空间氛围	0.797**	
	色彩丰富度	0.316	
	色彩和谐性	0.688**	
	植物生长势	0.265	
	植物遮阴面积	-0.033	
	植物物种多样性	0.166	
	植物搭配合理性	0.418*	
	景观自然性	0.709**	
	景观吸引度	0.406*	
	空间围合度	0.294	
	空间设计合理性	0.418*	
	空间氛围	0.536**	

注 :* 表示 $p < 0.05$, ** 表示 $p < 0.01$, 表内仅列出存在相关性的要素。

乔—灌—草型>乔木型>乔—灌型, 这一研究结果可能受样本数量与样本选取的影响, 有待进一步研究。根据芳香植物景观评价模型

可知, 昆明植物园春季美景度受色彩和谐性、植物生长势、景观自然性和空间设计影响, 冬季则受植物生长势、空间氛围、色彩丰富度

和植物搭配合理性影响。故芳香植物景观设计在考虑季节变化的基础上注重植物色彩与生长势的影响, 打造舒适且具有吸引力的空间氛围, 从而突出芳香植物景观的季相特征, 以提升全年美景度。冬春季植物的香气可通过补偿视觉缺陷或强化色彩感知间接影响美景度, 昆明植物园冬春季芳香植物景观的优化需兼顾嗅觉与视觉因子的协同设计。

4.1 冬季美景度模型分析

冬季美景度模型中, 植物生长势 (X_3)、空间氛围 (X_{11})、色彩丰富度 (X_1)、植物搭配合理性 (X_6) 是显著影响要素。冬季植物生长势下降导致景观色彩单一、枯黄落叶, 低分样地(如16号)因落叶乔木枝条裸露而缺乏层次感。松木类挥发性有机物可提升游客对景观的接受度^[26], 芳香植物通过嗅觉补偿效应一定程度上弥补冬季视觉单调性, 进而提升空间氛围 (X_{11})。色彩丰富度 (X_1) 需通过常绿植物与冬季观花植物的搭配打破单一性, 在北京城市公园^[27]、上海植物园^[28]美景度的研究中, 均表明植物色彩丰富度显著影响冬季植物景观美景度。植物搭配合理性 (X_6) 强调形态、色彩与环境的协调性^[29], 昆明植物园可通过合理搭配乔灌草、增加芳香植物比例、规划四季有景可观(如三季有花、四季有景), 来提升空间美学价值与游客满

表6 冬、春季模型回归系数
Tab. 6 Regression coefficients for winter and spring models

模型 Modelling	未标准化系数 Unstandardised coefficient		t	显著性 Significance	共线性统计 Covariance statistics	
	B	标准错误			容差	VIF
冬季	(常量)	-1.196	0.125	-9.564	< 0.001	
	色彩丰富度	0.394	0.172	2.284	0.031	0.601
	植物生长势	0.738	0.256	2.882	0.008	0.566
	植物搭配合理性	0.502	0.233	2.159	0.041	0.541
春季	空间氛围	0.550	0.202	2.716	0.012	0.511
	(常量)	-0.360	0.088	-4.093	< 0.001	
	色彩和谐性	0.531	0.252	2.104	0.046	0.561
	植物生长势	-0.441	0.350	-1.260	0.219	0.666
	景观自然性	0.733	0.274	2.675	0.013	0.498
	空间设计合理性	0.315	0.236	1.338	0.193	0.590
						1.694

意度。此外，冬季还可以通过一些耐寒植物来保持一定的生长势、鲜艳的叶色或果色，为冬季植物园增添亮点^[30]，以增强景观可持续性。

4.2 春季美景度模型分析

春季美景度模型中，色彩和谐性(X_2)、植物生长势(X_3)、景观自然性(X_7)、空间设计合理性(X_{10})是显著影响要素。春季植物色彩是季相变化的最明显特征，合理搭配可提升视觉体验与身心健康，有研究表明植物香气可增加游客对植物花型花色的对比感知^[15]，故认为在春季花香对色彩和谐性(X_2)有协同调控。低分样地需强化色彩对比、比例与画面和谐性。植物生长势(X_3)通过新叶舒展、花期调控直接影响景观活力，景观自然性(X_7)依赖自然式种植。如在济南城市公园的美景度评价中就提倡自然主义种植方式，增加草本花卉野趣度，营造具有野趣的人与自然亲近空间^[31]；合肥市大蜀山国家森林公园通过合理选用乔灌草型、灌草型和乔草型景观结构，大量种植处于野生状态的

草本植物，增强了自然化的乡土气息，提高了景观的自然度，给人留下原生态的美景印象^[32]。空间设计合理性(X_{10})强调层次丰富性、视线通透性与功能适配性。

4.3 冬春季美景度关联分析

植物是变化的，其随季节生长的变化而不停地改变其色彩、质地、叶丛疏密以及全部的特征，每一种植物都具有其独特的性质，以及独特的设计应用。植物生长势(X_3)是冬春季景观协同的核心纽带，其与色彩丰富度(X_1)、色彩和谐性(X_2)、空间氛围(X_{11})、空间设计合理性(X_{10})、景观自然性(X_7)及植物香气(RH、FL、FR、LE)的动态平衡，共同塑造了昆明植物园芳香景观的季节美学差异。冬季低温抑制植物生长，春季随着气温回升和日照时间延长，植物生长势逐渐增强，植物群落结构随着植物生长势的增强而变得更加丰富多样，不同种类植物的花期、叶色等特征相互映衬。

色彩与香气的跨季协同机制表现为，冬季以色彩丰富度(X_1)为主导，常绿植物与

观花植物搭配打破色彩单一性，辅以叶香而实现嗅觉补偿弥补视觉匮乏；春季以色彩和谐性(X_2)为核心，花香类植物释放挥发性物质，形成嗅觉—视觉共同刺激，在此基础上，通过植物生长势与适度的空间设计进一步维持景观自然性(X_7)。空间设计呈现显著季节适配性，冬季依赖空间氛围(X_{11})营造，耐寒植物形态(如雪松挺拔树形)与叶香发散可强化空间氛围感。气候影响昆明植物园芳香植物的气味，冬季低温不仅限制了植物的生长速度，还影响了香气物质的合成与释放，导致植物园中芳香植物的气味较为淡薄，叶香类植物通过持续性气味补偿视觉缺陷。相比之下，春季温暖的气候条件促进了植物的旺盛生长，适宜温度和湿度促进香气物质挥发，使得植物园中的香气更加浓郁和诱人，优化游客嗅觉体验^[33]。

因此，在进行芳香植物景观设计时，应考虑气候条件对植物气味的影响，选择适宜的植物种类和配置方式，以优化游客的香气体验，提升植物园的整体景观质量。植物作为设计要素最大的不同在于其具有生

命力, 园林植物物候期的时间及观赏特征, 对芳香植物景观设计、季相景观预测有着重要作用^[34], 其显著的季相变化为人们提供了感知时间和空间的重要标志。了解植物在不同物候期的表现及其观赏特性, 对于设计芳香景观和预测季相变化具有重要意义。未来设计需强化跨季因子协同, 提升景观可持续性与游客多维感官体验。

注: 文中图表均由作者绘制。

参考文献

- [1] GONG C, YANG R T, LI S H. The Role of Urban Green Space in Promoting Health and Well-being is Related to Nature Connectedness and Biodiversity: Evidence from a Two-factor Mixed-design Experiment[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2024, 245: 105020.
- [2] 刘梓杨. 景观设计中药用植物的应用研究——以华东药用植物园为例[J]. *城市建筑*, 2024, 21(17): 219-222.
- [3] 郭炳材. 洛阳隋唐城遗址植物园牡丹园林应用与景观评价[D]. 洛阳: 河南科技大学, 2023.
- [4] 邬宇峰. 基于游客感知的宁波植物园使用后评价(POE)研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2024.
- [5] 刘甜. 杭州植物园专类园植物景观空间活力时空分布研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2024.
- [6] 冯紫婷, 陈欣. 城市公园游憩者声景感知、声景恢复性评价与主观幸福感关系研究——以保定市植物园为例[J]. *林业与生态科学*, 2024, 39(02): 233-242.
- [7] 王昕彦. 上海辰山植物园季园美景度评价[J]. *广东园林*, 2022, 44(01): 74-78.
- [8] 周宁馨, 刘莉. 武汉市植物园中心景点典型植物群落美景度评价[J]. *江西农业大学学报*, 2014, 36(06): 1316-1324.
- [9] JUNGE X, SCHÜPBACH B, WALTER T, et al. Aesthetic Quality of Agricultural Landscape Elements in Different Seasonal Stages in Switzerland[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2015, 133: 67-77.
- [10] KUPER R. Here and Gone: The Visual Effects of Seasonal Changes in Plant and Vegetative Characteristics on Landscape Preference Criteria[J]. *Landscape Journal*, 2013, 32(01): 65-78.
- [11] HU X J, ZOU X, FAN H Y. Analysis of Landscape Influencing Factors of Urban Waterfront Greenways Based on the Scenic Beauty Estimation Method, Taking Tongjian Lake in Hangzhou as an Example[J]. *Frontiers in Earth Science*, 2023, 11: 1211775.
- [12] REN J Y. Landscape Visual Evaluation and Place Attachment in Historical and Cultural Districts: A Study Based on Semantic Differential Scale and Eye Tracking Experimental Methods[J]. *Multimedia Systems*, 2024, 30(05): 306.
- [13] FARRÉ-ARMENGOL G, FILELLA I, LLUSIA J, et al. Floral Volatile Organic Compounds: Between Attraction and Deterrence of Visitors Under Global Change[J]. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 2013, 15(01): 56-67.
- [14] 王希, 桂安祺. 江汉大学校园芳香植物的应用与调查[J]. *绿色科技*, 2024, 26(21): 17-20.
- [15] 韩蕙琳, 刘夏. 芳香植物在校园景观中的应用——以山东建筑大学为例[J]. *现代园艺*, 2021, 44(05): 149-150.
- [16] 徐艳芳, 刘丽媛, 范燕敏, 等. 豆科芳香植物在校园景观中的应用——以山东建筑大学为例[J]. *现代园艺*, 2020(15): 183-185.
- [17] 李英姿, 张兴, 张姗姗, 等. 基于AHP法的穹窿山主要芳香植物资源评价及康养景观应用[J]. *江苏农业科学*, 2022, 50(08): 151-157.
- [18] 危静美. 芳香植物在闽北美丽乡村景观中的应用研究[J]. *农业技术与装备*, 2021(07): 78-81.
- [19] 徐丹丹, 吴鑫成, 郑惠娟, 等. 芳香植物在社区康养性植物景观中的评价与应用[J]. *中国农学通报*, 2022, 38(10): 70-77.
- [20] 黎鹏, 张朔凡, 何雅琴, 等. 地方依恋中植物景观因素对人类情感的作用[J]. *绿色科技*, 2021, 23(01): 12-16.
- [21] WANASINGHE D N, WIJAYAWARDENE N N, XU J C, et al. Taxonomic Novelties in Magnolia-associated Pleosporalean Fungi in the Kunming Botanical Gardens (Yunnan, China)[J]. *PLoS One*, 2020, 15(07): e0235855.
- [22] 杨清, 郁望, 吕元林, 等. 昆明植物园扶荔宫温室群总体规划[J]. *林业调查规划*, 2017, 42(03): 157-162.
- [23] 陈小燕, 郑宇, 魏呈君, 等. 色彩对城市山地型公园春冬季植物景观视觉质量的影响[J]. *中国城市林业*, 2020, 18(01): 60-65.
- [24] 黄士诚, 张绍扬. 芳香植物名录汇编(一)[J]. *香料香精化妆品*, 2006(01): 43-44.
- [25] 姚廷希, 李林, 和太平. 南宁青秀山风景区桂花园植物景观调查与分析[J]. *热带农业科学*, 2023, 43(06): 77-83.
- [26] 周艳慧. 视嗅结合下校园绿地对大学生恢复性效益影响研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2024.
- [27] ZHANG X, ZHANG Q. Investigating the Impact of Garden Plant Smellscapes on Human Well-Being: A Case Study of Pine Forests[J]. *Forests*, 2024, 15(10): 1794-1794.
- [28] 郭菲菲, 王美仙. 基于游客自愿拍摄法的滨河绿地植物景观偏好研究——以郑州为例[J]. *中国园林*, 2022, 38(09): 111-116.
- [29] 陶泽兴, 葛全胜, 王焕炯, 等. 中国中东部植被景观观赏季划分的物候学基础[J]. *地理学报*, 2015, 70(01): 85-96.
- [30] 张元康, 王秀荣, 杨婷. 园林植物叶色季相色彩与审美关系研究[J]. *中国农学通报*, 2021, 37(31): 61-69.
- [31] 张会锋. 色彩艺术在城市园林景观设计中的应用研究——以郑州市为例[J]. *美与时代(城市版)*, 2022(08): 86-88.
- [32] 王琳, 陈东田, 韩昕彤, 等. 济南城市公园草本花卉美景度评价[J]. *中国城市林业*, 2023, 21(06): 151-156.
- [33] 朱爱青, 张冬梅, 许文, 等. 基于SBE—Matlab法的合肥市大蜀山国家森林公园绿地结构质量评价[J]. *园林*, 2024, 41(01): 127-134.
- [34] 张莉俊, 刘振林, 戴思兰. 北方冬季园林植物景观的调查与分析[J]. *中国园林*, 2006(12): 87-90.