

## 多感官维度下芳香植物对人体健康影响的研究进展

曹莹, 金荷仙

(浙江农林大学 风景园林与建筑学院, 浙江 杭州 311300)

**摘要:** 芳香植物是具有香气和可供提取芳香油的栽培植物和野生植物的总称, 作为园林植物中的重要种类对人体健康发挥着较大功效。本文将近年来有关芳香植物的多感官研究动态进行整理, 从嗅觉、视嗅、听嗅以及视听嗅角度阐述主要研究进展, 并对研究成果进行梳理, 旨在为芳香植物的深入研究提供理论参考。基于上述文献分析可知, 多感官维度下芳香植物的研究已形成较为系统的研究方向, 从单一感官维度逐渐向多感官联合维度发展, 研究种类也在从单一走向多样化, 研究方法与实验指标等也在不断丰富和发展。当前主要研究成果集中于芳香植物的单一嗅觉感官维度, 多感官维度下芳香植物对人体健康的影响研究处于起步阶段, 并将成为未来研究热点。

**关键词:** 芳香植物; 多感官维度; 园林植物; 人体健康

中图分类号: S573

文献标识码: A

文章编号: 1001-3776(2024)04-0105-07

### Research Progress on Impact of Fragrant Plant on Human Health in Multi-sensory Dimensions

CAO Ying, JIN Hexian

(College of Landscape Architecture, Zhejiang A & F University, Hangzhou 311300, China)

**Abstract:** Presentation was made on development of researches on fragrant plants on human well-being in multisensory, like smell, visual smell, auditory smell, and audiovisual smell, as well as on achievements. The result demonstrated that the researches were from a single sensory to multisensory combinational effect with more and more plants by more methods and experiments.

**Key words:** fragrant plant; multi-sensory; landscape plant; human health

城市化进程的加速导致城市人口大幅增加, 城市地区自然绿地面积逐渐减少。同时, 城市的高密度发展带来了严峻的环境与人体健康问题, 由于长期快节奏、高压力、少运动的生活和工作环境, 处于亚健康状态的人群越来越多, 众多疾病也开始呈现年轻化趋势, 公众健康问题日益凸显<sup>[1-2]</sup>。目前, 多项研究表明, 绿色空间与公共健康呈高度正相关, 这两者的相关性表现在生理、心理和社会健康三个维度<sup>[3]</sup>, 较多学者也证明暴露于自然环境中对人体的生理和心理健康均有积极作用<sup>[4-5]</sup>。

植物景观作为城市绿色空间的重要组成部分, 与人类健康有着紧密联系; 观赏自然植物和嗅闻花木香气可以缓解压力、减少负面情绪, 带来积极的健康效益。芳香植物作为植物景观中“香景”的重要组成元素, 对人体具有一定的健康效益已初步得到证实<sup>[6]</sup>, 但现有国内外研究主要集中于嗅觉感官维度的单因素研究, 对于多

收稿日期: 2024-02-21; 修回日期: 2024-05-19

基金项目: 国家自然科学基金, 视嗅感知协同作用下的城市绿地芳香植物配置研究(5227080844); 国家自然科学基金, 芳香植物配置对人体亚健康干预效应研究(5197081018)

作者简介: 曹莹, 硕士研究生, 从事康复景观研究; E-mail: 1648264191@qq.com。通信作者: 金荷仙, 博士, 教授, 博士生导师, 从事风景园林历史理论与遗产保护、康复花园、植物景观规划设计研究; E-mail: lotusjhx@zafu.edu.cn。

感官的协同影响和机制研究还较少,因此本研究对多感官维度下芳香植物对人体健康影响的研究动态进行梳理和总结,旨在为芳香植物的深入研究提供理论参考和借鉴。

## 1 芳香植物

### 1.1 芳香植物概念

芳香植物是具有香气和可供提取芳香油的栽培植物和野生植物的总称,是兼有药用植物和香料植物共有属性的植物类群。芳香植物的范围很广,包括一部分药用植物、一部分园艺植物、全部香料植物和一些尚没有被开发利用的野生植物<sup>[7]</sup>。

### 1.2 芳香植物的应用历史

芳香植物的香气对于人体的健康功效很早就被关注过,早在殷商甲骨文中便有熏燎、艾蒸和酿制香酒的记载,至周代就有佩戴香囊、沐浴兰汤的习俗。屈原在《楚辞·离骚》中记载“扈江离与辟芷兮,纫秋兰以为佩。”“余既滋兰之九畹兮,又树蕙之百亩。畦留夷与揭车兮,杂杜衡与芳芷”。这说明在战国时期人们已将具有香味的江离 *Ligusticum wallichii*、白芷 *Angelica dahurica*、秋兰 *Eupatorium japonicum* 等香草随身佩戴,也大面积种植兰花 *Cymbidium goeringii*、蕙草 *Lysimachia foenum-graecum*、杜衡 *Asarum forbesii*、白芷等芳香草药<sup>[8]</sup>。司马迁在《史记·礼书》中所撰“椒兰芬芷,所以养鼻也”。这说明椒树 *Zanthoxylum bungeanum* 兰草香气芬芳,可用来调养身体。可见汉代人们已经初步认识到植物的香味对于人体健康的功效。

国外对芳香植物的应用起源也较早,约 4 500 年前,古埃及人就有记载芳香植物的应用情况,古埃及也因擅于制香而闻名,他们将芳香植物提炼为精油<sup>[9]</sup>。古巴比伦人在 3 500 年前便懂得用薰香来治疗身体疾病,古希腊和古罗马人也早就知道使用一些新鲜或干燥的芳香植物可以令人镇静、止痛或者精神兴奋<sup>[10]</sup>。文艺复兴时期,大量的松柏类芳香植物被配置于园林之中。随着 1937 年“芳香疗法”被法国化学家正式提出,对芳香植物的研究被推上了新的浪潮,并结合医学、生物化学等研究领域,重在研究芳香植物的挥发性物质对于身体和心理疾病的缓解效果。

## 2 国内外多感官维度下芳香植物对人体健康影响研究动态

随着多感官研究的发展,城市绿地中以视觉体验为主的传统园林景观已不能满足公众更高层次的追求,人们愈加向往多感官体验的绿地空间环境。人体的基本感官——眼、耳、鼻、舌、皮肤可以将接收到的外部信息传递给大脑,并形成对环境的多维度理性感知,各感官之间相互关联又相互影响;我国著名学者钱钟书先生就曾提到五感之间的连通性关系。

目前,国内外有关五感景观之间关系的研究主要集中于视觉与听觉方面<sup>[11]</sup>,在嗅觉感官维度的研究中主要以芳香植物与人体健康的关系为主。本文将近年来有关芳香植物的多感官研究动态进行整理,并从嗅觉、视嗅、听嗅以及视听嗅角度分别阐述主要研究进展,发现研究成果以单一嗅觉感官维度居多,但近几年来关于多感官维度的研究正处于快速增长状态,也成为未来芳香植物的重要研究方向。

### 2.1 嗅觉感官维度

嗅觉在人体的感官中所占的感知比重虽然只有 3.5%,但嗅觉与情绪和记忆的神经联络格外密切,因此芳香植物的嗅觉感知是一大研究重点。芳香植物的挥发性有机物中含有多种对人体健康有益的成分,例如萜类化合物可镇痛、杀菌消毒,酚类化合物可刺激神经系统、抗感染等<sup>[12]</sup>。目前,国内外对于芳香植物嗅觉感官维度的研究主要集中于三个方面:一是芳香植物挥发性物质的鉴定分析,二是嗅闻芳香植物对于人体生理和心理的影响研究,三是芳香植物精油对于人体健康的影响。

2.1.1 芳香植物挥发性物质的鉴定分析 金荷仙最早利用气相色谱-质谱法(GC-MS)采集分析南京地区不同品种梅花 *Prunus mume* 和杭州满陇桂雨不同品种桂花 *Osmanthus fragrans* 的香气成分,发现乙酸苯甲酯、 $\beta$ -蒎烯、

乙酸乙酯是梅花香气的主要成分<sup>[13]</sup>, 氧化芳樟醇、芳樟醇、 $\beta$ -紫罗兰酮、罗勒烯等为桂花香气的主要挥发性有机成分<sup>[14]</sup>。高岩对北京市主要绿化树种油松 *Pinus tabulaeformis*、白皮松 *P. bungeana*、桧柏 *Sabina chinensis* 和国槐 *Sophora japonica* 等进行了挥发性有机物分析, 发现针叶树主要释放萜烯类有机物, 包括柠檬烯、 $\beta$ -蒎烯、 $\alpha$ -蒎烯等<sup>[15]</sup>。范燕萍等对不同品种姜花 *Hedychium coronarium* 香气成分进行了分析, 认为姜花的香气浓淡与挥发性的萜烯醇类化合物密切相关<sup>[16]</sup>。高群英等研究了大花金鸡菊 *Coreopsis grandiflora*、黑心菊 *Rudbeckia hirta* 和万寿菊 *Tagetes erecta* 香气成分的差异, 发现萜烯类和醇类物质较多<sup>[17]</sup>。之后有更多学者展开此类研究, 主要研究的芳香植物种类也逐渐丰富<sup>[18-22]</sup>。

近几年来, 对于芳香植物挥发性物质的鉴定研究依然处于增长趋势, 有学者采用不同研究方法对更多种类的芳香植物展开研究。目前, 主要的挥发物鉴定技术是气相色谱-质谱法, 但依据不同的挥发物采集方式有多种联用方法, 贾梅采用顶空固相微萃取气相色谱质谱联用法(HS-SPME-GC-MS)对九里香 *Murraya exotica*、狭叶栀子 *Gardenia stenophylla*、假连翘 *Duranta repens*、米仔兰 *Aglaia odorata* 等 7 种芳香植物的挥发物成分进行了测定分析, 发现萜烯烃、醇类、酯类物质含量较多且种类丰富<sup>[23]</sup>。宋秀华等也通过固相微萃取气相色谱-质谱联用法对木兰 *Magnolia denudata*、丁香 *Syringa oblata*、牡丹 *Paeonia suffruticosa* 和蜡梅 *Chimonanthus praecox* 等的挥发性化合物进行了采集分析, 发现单萜、丁香醛、 $\beta$ -紫罗兰酮和乙酸苯甲酯是主要的挥发物组成成分, 并结合气味漫步对香气类型和扩散过程进行分析<sup>[24]</sup>。秦颖等采用动态顶空吸附 ATD-GC/MS 对 6 种丁香花挥发性成分进行分析, 发现乙苯、间二甲苯、对二甲苯等是主要的挥发物成分<sup>[25]</sup>。Sonmezdag 等对野生百里香 *Thymus serpyllum* 的挥发性、芳香活性和酚类化合物进行研究, 共鉴定和定量了 24 种化合物, 萜烯在定性和定量上都是样品中最主要的挥发物, 并用气相色谱-嗅觉测定法(GC-O)评估芳香化合物<sup>[26]</sup>。有学者采用质子转移反应飞行时间质谱法(PTR-TOF-MS)鉴定了藏红花 *Crocus sativus* 柱头和花瓣的挥发性有机化合物成分, PTR-TOF-MS 已被广泛用于测定许多农产品和食品样品中的挥发性有机物, 并且是一种高灵敏度、高精度和快速测量的技术<sup>[27]</sup>。

目前, 已有研究涉及更多的芳香植物种类, 例如有学者对唇形科 Lamiaceae、菊科 Asteraceae、芳香切花以及食用芳香植物等开展了挥发物测定<sup>[28-31]</sup>, 结果都表明挥发性萜类组分是主要的香气成分。

**2.1.2 嗅闻芳香植物对于人体生理和心理的影响研究** 国内外诸多学者大都通过室内实验室研究或者户外行走实验方法, 借助理和心理指标来量化嗅闻芳香植物给人体带来的健康影响。

金荷仙通过研究梅花和桂花的香气成分结合闻香实验, 发现闻香后人体皮肤的肌电值和血压有所下降, 并且对人的注意力、记忆力和想象力均有促进作用<sup>[32]</sup>。卢起等在探究水仙 *Narcissus tazetta* subsp. *chinensis* 花香对人体血压、心率和呼吸频率的影响中, 发现水仙花香对人体确有降低血压的作用, 并且这种影响随闻香时间的长短而有所变化, 也因受试者年龄段不同而异<sup>[33]</sup>。曲宁等发现嗅闻刺槐花 *Robinia pseudoacacia* 能显著增加  $\alpha$  波, 对人体具有缓解压力的心理调节作用<sup>[34]</sup>。陈华等以血压和心率作为量化指标, 研究不同浓度的茉莉 *Jasminum sambac* 和麝香百合 *Lilium longiflorum* 花挥发物对人体舒适感的影响效果, 发现二者的香气都能降低测试者的血压和心率, 但在不同浓度空间环境中的效果存在差异<sup>[35]</sup>。何雪雁对琼花 *Viburnum macrocephalum*、重瓣黄木香 *Rosa banksiae* 'Lutea'、含笑花 *Michelia figo* 和花叶香桃木 *Myrsine communis* 'Variegata' 的活体植株进行挥发物成分分析, 结合人体闻香实验发现嗅闻这 4 种芳香植物对人体生理和心理的干预主要表现为积极效应<sup>[36]</sup>。通过嗅闻实验证明芳香植物对人体健康的积极影响目前已有许多, 植物种类也逐渐包括草本、藤本和木本等<sup>[37-41]</sup>。也有较多日韩学者展开对花香的研究, 例如对松针<sup>[42]</sup>、日本梅花<sup>[43]</sup>以及新鲜玫瑰花<sup>[44]</sup>等展开实验研究, 结果表明接触梅花香等可以改善人的情绪状态, 并可能促进大脑的记忆、言语和运动功能, 以及新鲜玫瑰花的嗅觉刺激可引起生理和心理上的放松。

虽然大部分研究证明嗅闻芳香植物对人体健康有益, 但也有研究指出有些芳香植物的挥发物对人体有负面影响, 如郑华等通过人体脑波实验, 结果显示在嗅闻活体珍珠梅 *Sorbaria kirilowii* 后, 受试者总体情绪趋向是焦虑和紧张的<sup>[45]</sup>。

**2.1.3 芳香植物精油对于人体健康的影响** 芳香精油是芳香疗法中重要的治疗介质, 通过嗅闻、涂抹、按摩和

沐浴等方式作用于人体,起到改善身体健康和疗愈身心的功效。近年来探讨芳香植物精油对于人体健康影响的研究层出不穷,涉及领域较为广泛,有的还结合医学和生物化学等专业研究。有学者从9种芳香植物中提取精油制成复合精油,并通过日常空气中扩散检测其对人体中枢疲劳的治疗效果,发现复合精油可以缓解中枢疲劳<sup>[46]</sup>。Ramos等评估了唇形科 Lamiaceae 芳香植物精油的抗氧化、抗炎和抗菌活性,指出唇形科物种可在医学应用方面用于对抗某些身体疾病<sup>[47]</sup>。Chaiyasut等发现山苍子 *Litsea cubeba* 精油可以显著降低健康状态下的唾液皮质醇水平并改善总体情绪障碍<sup>[48]</sup>。也有研究发现植物精油可以缓解偏头痛症状,精油的作用机制可作为开发抗偏头痛药物的重要组成部分<sup>[49]</sup>。较多学者通过实验发现芳香植物精油对睡眠质量<sup>[50]</sup>、焦虑情绪<sup>[51]</sup>等的积极影响。

## 2.2 视嗅感官维度

人体五感中重要的视觉与嗅觉并不是通过单一的感官体验作用于人体的,而是感官之间相互连通与影响。已有研究表明多感官比单一感官能传递更深刻、更全面的信息,也更能满足人脑通过不同感官通道整合和感知外部世界的需求<sup>[52]</sup>,同时视觉信息可以影响嗅觉感知,气味也可以影响视觉感知,但视嗅感官的协同效应以及相互作用机制尚不明确,国内外有关植物景观的视嗅感官联合作用对人体身心效益的研究也正处于研究的起步阶段。

目前,有部分研究发现视嗅交互刺激相比单一感官刺激对人体健康有着增益效果,Song等研究了与森林相关的视觉、嗅觉以及视嗅组合刺激对大脑活动和自主神经活动的生理影响,发现视嗅组合刺激导致左、右前额叶皮质的氧合血红蛋白浓度显著降低,表现出累加效应<sup>[53]</sup>。Zhao在探究嗅觉对景观偏好的影响时,发现桂花、百合 *Lilium longiflorum* 和河床沉积物的三种气味可以增加整体景观偏好,而单独的视觉或嗅觉体验均对景观偏好影响较弱<sup>[54]</sup>。Jiang等以芳香报春 *Primula forbesii* 和非芳香报春 *P. malacoides* 为实验植物材料,通过血压、脉搏和脑电图等评估对女大学生的生理和心理影响,发现与非芳香报春花相比,芳香报春花对人体的生理和心理效果相对较好<sup>[55]</sup>。齐莹等运用语义差异法分析了视景、嗅景感知评价因子间的影响,发现在草坪、月季 *Rosa chinensis* 和桂花景观组中,视嗅评价均会影响整体环境的感知评价,并且视景、嗅景的评价因子内部具有相关性<sup>[56]</sup>。吴晓云等以秋季校园景观为视觉材料,以草坪、桂花、银杏 *Ginkgo biloba* 为嗅觉材料进行视嗅交互感知实验,发现气味景观的恢复性效果会受到视觉景观的影响<sup>[57]</sup>。有学者探究在VR虚拟现实环境中对静态场景的感知是否受到气味的影响,结果表明,当气味与视觉场景一致时,虚拟场景会增加愉悦度,但不论视觉与气味是否一致,嗅觉刺激都能调节整体愉悦度<sup>[58]</sup>。

但并非视嗅协同一定具有增益效果,有时单一视觉产生的健康积极影响要大于视嗅协同作用。张新果以4种植物作为实验材料,发现在观赏松树、月季、桂花景观时人体的 $\alpha$ 、 $\beta$ 脑波振幅均显著上升,而且4种植物的视觉刺激组的上升幅度均显著高于各自对应的视嗅和嗅觉刺激组;但从人体皮电值结果来看,视嗅交互刺激下SC值均显著升高,且升幅普遍高于其相应的单一嗅觉和视觉刺激<sup>[59]</sup>。在郭佳瑜的研究中也得到类似结果,植物景观的视觉、视嗅联合刺激对大学生的身心都具有放松、提高注意力的作用,但在生理上视觉刺激作用最为积极,心理上视嗅联合刺激能更好地缓解焦虑,也具有更高的SD评价得分,在嗅觉刺激环境中,月季气味能显著降低皮电,松针气味能显著升高皮温,桂花气味是唯一能升高 $\alpha$ 波和 $\beta$ 波的气味<sup>[60]</sup>。

## 2.3 听嗅感官维度

人体对周围环境的感知,除了视觉占比最大之外,有11%来源于听觉。1929年,芬兰地理学家 Granoe 提出了声景(Soundscape)的概念,之后便有较多学者展开了关于声景的研究,并证明自然中的声景会缓解负面情绪,对身心健康产生积极影响,但目前有关听觉和嗅觉相互作用的研究还较为缺乏。

巴美慧等通过实地实验探究城市环境中道路景观的气味和声音之间的相互作用,发现丁香的气味会增加街道的整体舒适度,减少交通噪声带来的烦恼,并提高听觉和嗅觉满意度<sup>[61]</sup>。同时,在另一项实验室研究中发现,对于嗅听交互感知,积极的感官刺激可以提升其他感官的感知评价,而消极感官刺激的影响效果则相反<sup>[62]</sup>。崔雪等研究校园声环境与芳香植物对大学生压力恢复的影响,通过室内试验发现自然声-梔子 *Gardenia jasminoides* 组的压力恢复效益最佳,证明听嗅交互刺激比单一听觉刺激的压力恢复效果更佳,并且声音与气味之间存在协同和掩蔽作用<sup>[63]</sup>。齐莹等为研究多感官组合的影响,将鸟鸣及其多感官组合对生理心理恢复影响进行比

较, 发现鸟鸣加上嗅觉刺激在生理上有不利的恢复<sup>[64]</sup>。

#### 2.4 视听嗅感官维度

目前, 将视觉、听觉和嗅觉同时纳入的多感官耦合研究较为缺乏。张筱婉选择白皮松、桂花、月季及草坪作为感官刺激材料, 对比大学生在 7 种感官组合刺激下的复愈性状况并进行数据分析, 发现 7 种感官刺激相比空白对照组都产生了积极作用, 其中视听嗅刺激对于心理焦虑的恢复性效果最优, 而视听刺激对于生理复愈的效果最优<sup>[65]</sup>。齐莹等通过实验发现在鸟鸣的基础上引入视嗅觉联合刺激可以提高生理恢复效益和整体感知质量评估, 但在心理上没有显著影响<sup>[64]</sup>。Zhong 等研究山地城市滨水空间的视嗅觉环境对声景观的影响中, 发现高质量的视嗅觉环境可以提高声景评估, 并且嗅觉环境对声景舒适度的影响比视觉环境更大<sup>[66]</sup>。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 芳香植物单一嗅觉感官维度研究成果丰富

对于芳香植物嗅觉感官维度的研究目前已经形成较为系统的体系, 并且主要集中于三个方面, 一是芳香植物挥发性物质的鉴定分析, 二是嗅闻芳香植物对于人体生理和心理的影响研究, 三是芳香植物精油对于人体健康的影响。国内外学者在这个三方面的研究成果已经颇为丰硕, 未来应该逐渐完善理论体系, 并考虑如何将芳香植物嗅觉理论应用于绿地建设实践当中。

#### 3.2 多感官维度下芳香植物对人体健康的影响研究处于起步阶段

从芳香植物的研究历程来看, 较多的研究重点依然是单一感官维度, 尤其是嗅觉感官, 虽然已有学者开始多感官维度下的研究, 但研究体系尚存在不足, 视嗅和视听嗅联合刺激角度的研究还不够全面和深入。国内外已有研究指出感官之间存在相互连通和影响作用, 但对于多感官之间的作用机制和协同效应还存在不同分歧, 有学者通过实验发现多感官的联合刺激具有累加和增益效应, 但也有研究指出单一视觉感官产生的积极影响要大于视嗅联合刺激。因此, 对于多感官维度下芳香植物对人体健康的相互作用机制还有待深入探究。

#### 3.3 多感官联合研究将成为未来研究热点

随着人们对园林环境拥有多感官体验的追求日益增多, 针对园林植物景观展开了如火如荼的感官研究, 芳香植物作为园林环境的重要嗅觉来源, 诸多学者对其嗅觉与人体健康之间的作用关系展开了研究。当嗅觉研究成果日渐丰富, 对于芳香植物多感官联合研究成为研究重点, 在视嗅、听嗅和视听嗅等角度都处于研究的起步阶段, 未来需要更多学者为此贡献力量。

#### 参考文献

- [1] CHENG Z Y, GAO Y, MAO F, et al. Construction and results of a comprehensive index for gastrointestinal health monitoring in China: a nationwide study[J]. *Lancet Region Health W Pacif*, 2023, 38: 1–11.
- [2] PYKETT J, CAMPBELL N, FENTON S J, et al. Urban precarity and youth mental health: An interpretive scoping review of emerging approaches[J]. *Soc Sci Med*, 2023, 320: 1–15.
- [3] ZHANG J, YU Z, ZHAO B. Impact mechanism of urban green spaces in promoting public health: Theoretical framework and inspiration for practical experiences[J]. *Landscape Arch Front*, 2020, 8(4): 104–113.
- [4] LACHOWYCZ K, JONES A P. Towards a better understanding of the relationship between greenspace and health: Development of a theoretical framework[J]. *LandscapeUrban Plann*, 2013, 118: 62–69.
- [5] REYES-RIVEROS R, ALTAMIRANO A, DE LA BARRERA F, et al. Linking public urban green spaces and human well-being: a systematic review[J]. *Urban For Urban Green*, 2021, 61: 1–15.
- [6] 郑俊鸣, 黄艳真, 江登辉, 等. 园林植物挥发性气体对人体健康的影响[J]. *世界林业研究*, 2019, 32(5): 22–27.
- [7] 王羽梅. 中国芳香植物(上) [M]. 北京: 科学出版社, 2008: 10–30.
- [8] 徐志啸. (战国)屈原. 楚辞[M]. 武汉: 长江文艺出版社, 2015: 1–5.
- [9] MOENS M F, MANNICHE L. An Ancient Egyptian Herbal[J]. *J Am Orient Soc*, 1992, 112(3): 54–59.

- [10] 何雪雁, 金荷仙, 姜嘉琦. 芳香植物的应用历史及园林应用研究进展[J]. *浙江林业科技*, 2019, 39(4): 87-94.
- [11] 奚露, 邱尔发, 张致义, 等. 国内外五感景观研究现状及趋势分析[J]. *世界林业研究*, 2020, 33(4): 31-36.
- [12] 贾梅, 金荷仙, 王声菲. 园林植物挥发物及其在康复景观中对人体健康影响的研究进展[J]. *中国园林*, 2016, 32(12): 26-31.
- [13] 金荷仙, 陈俊愉, 金幼菊, 等. ‘南京晚粉’梅花香气成分的初步研究[J]. *北京林业大学学报*, 2003, 25(S2): 49-51.
- [14] 金荷仙, 郑华, 金幼菊, 等. 杭州满陇桂雨公园4个桂花品种香气组分的研究[J]. *林业科学研究*, 2006(5): 612-615.
- [15] 高岩. 北京市绿化树木挥发性有机物释放动态及其对人体健康的影响[D]. 北京: 北京林业大学, 2005.
- [16] 范燕萍, 王旭日, 余让才, 等. 不同种姜花香气成分分析[J]. *园艺学报*, 2007(1): 231-234.
- [17] 高群英, 高岩, 张汝民, 等. 3种菊科植物香气成分的热脱附气质联用分析[J]. *浙江农林大学学报*, 2011, 28(2): 326-332.
- [18] 熊伟, 金荷仙, 蔡宝珍. 碰碰香挥发物化学成分分析[J]. *浙江农林大学学报*, 2011, 28(4): 680-684.
- [19] 张莹, 王雁, 李振坚, 等. 不同种石斛兰香气成分的GC-MS分析[J]. *广西植物*, 2011, 31(3): 422-426.
- [20] 虞伊林, 王秋云, 姚雷. 玫瑰自然香气成分及含量变化分析[J]. *上海交通大学学报(农业科学版)*, 2012, 30(2): 80-8, 94.
- [21] 张颖, 林开文, 郑华, 等. 蓝花楹挥发物的ATD-GC/MS联用分析及园林芳香性评价[J]. *安徽农业科学*, 2013, 41(10): 4450-4451, 4521.
- [22] 李淑颖, 姚雷. 2种木香花的自然香气成分分析与香型评价[J]. *上海交通大学学报(农业科学版)*, 2013, 31(4): 51-57, 82.
- [23] 贾梅. 康复景观中几种芳香植物挥发物及其对人体健康影响的研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2017.
- [24] SONG X, WU Q. Study on smellscape perception and landscape application of fragrant plants[J]. *Urban For Urban Green*, 2022, 67: 1-8.
- [25] 秦颖, 杨晓霞, 冷平生, 等. 6种丁香花挥发性成分的动态顶空吸附ATD-GC/MS分析(英文)[J]. *西北植物学报*, 2015, 35(10): 2078-2088.
- [26] SONMEZDAG A S, KELEBEK H, SELLI S. Characterization of aroma-active and phenolic profiles of wild thyme (*Thymus serpyllum*) by GC-MS-Olfactometry and LC-ESI-MS/MS[J]. *J Food Sci Technol*, 2016, 53(4): 1957-1965.
- [27] GHANBARI J, KHAJOEI-NEJAD G, ERASMUS S W, et al. Identification and characterisation of volatile fingerprints of saffron stigmas and petals using PTR-TOF-MS: Influence of nutritional treatments and corm provenance[J]. *Ind Crops Prod*, 2019, 141: 1-11.
- [28] 朱小洁, 周翔宇, 范航, 等. 9种唇形科芳香植物挥发性萜类成分的比较分析[J]. *植物研究*, 2020, 40(5): 696-705.
- [29] 郭向阳. 6种食用芳香植物挥发性成分的GC-MS/GC-O分析[J]. *农业工程学报*, 2019, 35(18): 299-307.
- [30] 胡玫, 黄艳波, 孔羽, 等. 13种芳香植物挥发性萜类化合物比较研究[J]. *西南林业大学学报(自然科学)*, 2023, 43(5): 164-170.
- [31] AROS D, GARRIDO N, RIVAS C, et al. Floral scent evaluation of three cut flowers through sensorial and gas Chromatography analysis[J]. *Agronomy*, 2020, 10(1): 131.
- [32] 金荷仙. 梅、桂花文化与花香之物质基础及其对人体健康的影响[D]. 北京: 北京林业大学, 2003.
- [33] 卢起, 彭爱铭, 刘双信, 等. 中国水仙花香对人体血压心率和呼吸频率的影响[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(26): 14329-14330.
- [34] 曲宁, 周春玲, 盖苗苗. 刺槐花香气成分对人体脑波及主观评价的影响[J]. *西北林学院学报*, 2010, 25(4): 49-53.
- [35] 陈华, 余芝佳, 吴晓奎, 等. 芳香植物香气对人体舒适感的影响研究[J]. *肇庆学院学报*, 2016, 37(2): 64-67.
- [36] 何雪雁. 四种芳香植物挥发物成分分析及其对人体健康干预效应研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2019.
- [37] 吴凌峰. 芳香植物的自然香气对园林中散步游客的健康保健作用研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2008.
- [38] 王晴艺, 金荷仙. 紫苏植株香气对人体生理和心理健康的影晌[J]. *浙江林业科技*, 2021, 41(1): 98-102.
- [39] XIONG X, JIN H, HU W, et al. Benefits of *Jasminum polyanthum*'s natural aromas on human emotions and moods[J]. *Urban For Urban Green*, 2023, 86: 1-9.
- [40] 汤景琛, 金荷仙. 海桐盛花期挥发物对人体身心健康的影响[J]. *浙江林业科技*, 2023, 43(3): 62-70.
- [41] LIANG R, ZHANG R, WEN H, et al. Effects of volatile organic compounds (VOCs) of *Cinnamomum burmannii* in its natural steaton physical and mental health[J]. *Polish J Environ Stud*, 2022, 32(1): 133-144.
- [42] HYUN J, EIJIRO F, TAE C. An experimental study of physiological and psychological effects of pine scent[J]. *J Kor Inst Landscape Arch*, 2010, 38(4): 1-10.
- [43] JO H, RODIEK S, FUJII E, et al. Physiological and psychological response to floral scent[J]. *HortScience*, 2013, 48(1): 82-88.
- [44] IGARASHI M, SONG C, IKEI H, et al. Effect of olfactory stimulation by fresh rose flowers on autonomic nervous activity[J]. *J Altern Com-plem Med*, 2014, 20(9): 727-731.
- [45] 郑华, 金幼菊, 周金星, 等. 活体珍珠梅挥发物释放的季节性及其对人体脑波影响的初探[J]. *林业科学研究*, 2003(3): 328-334.
- [46] HAN C, LI F, TIAN S, et al. Beneficial effect of compound essential oil inhalation on central fatigue[J]. *BMC Complem Altern Med*, 2018, 18(1): 1-10.

- [47] RAMOS D S, FERREIRA O, CRUZ J N, et al. Lamiaceae essential oils, phytochemical profile, antioxidant, and biological activities[J]. Evidence-Based Complem Altern Med, 2021: 1 – 18.
- [48] CHAIYASUT C, SIVAMARUTHI B S, WONGWAN J, et al. Effects of *Litsea cubeba* (Lour.) persoon essential oil aromatherapy on mood states and salivary cortisol levels in healthy volunteers[J]. Evidence-Based Complem Altern Med, 2020: 1 – 8.
- [49] YUAN R, ZHANG D, YANG J, et al. Review of aromatherapy essential oils and their mechanism of action against migraines[J]. *J Ethnopharmacol*, 2021, 265: 113326.
- [50] 郁亚波, 许丰, 马刚, 等. 芳香治疗改善腹部手术后患者的睡眠质量以及焦虑状态的研究[J]. 中华全科医学, 2017, 15(11): 1928 – 1931.
- [51] 樊甜甜, 姚雷, 李燕来, 等. 3 种芳香植物香气物质的急性抗焦虑作用[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2017, 35(3): 24 – 30.
- [52] CALVERT G, SPENCE C, STEIN B E. The handbook of multisensory processes[M]. Cambridge, Mass: MIT Press, 2004: 107 – 122.
- [53] SONG C, IKEI H, MIYAZAKI Y. Physiological effects of forest-related visual, olfactory, and combined stimuli on humans: an additive combined effect[J]. Urban For Urban Green, 2019, 44: 1 – 7.
- [54] ZHAO J, HUANG Y, WU H, et al. Olfactory effect on landscape preference[J]. *Environ Engin Manag J*, 2018, 17(6): 1483 – 1489.
- [55] JIANG S, DENG L, LUO H, et al. Effect of fragrant primula flowers on physiology and psychology in female college students: an empirical study[J]. *Front Psychol*, 2021, 12: 1 – 11.
- [56] 齐莹, 陈曲靖, 高天, 等. 基于语义差异法的视嗅景观评价影响研究[C]. 中国风景园林学会, 2021: 40 – 45.
- [57] 吴晓云, 黄倩, 金荷仙. 基于视嗅感知的校园绿地恢复性研究[J]. *园林*, 2023, 40(6): 38 – 45.
- [58] SABINIEWICZ A, SCHAEFER E, GUDUCU C, et al. Smells influence perceived pleasantness but not memorization of a visual virtual environment[J]. *i-Perception*, 2021, 12(2): 1 – 17.
- [59] 张新果, 张启翔. 园林植物嗅景对人体健康的影响[J]. *林业科学*, 2023, 59(4): 100 – 116.
- [60] 郭佳瑜. 基于视嗅感知的不同植物景观对大学生身心健康影响研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2022.
- [61] BA M, KANG J. Effect of a fragrant tree on the perception of traffic noise[J]. *Build Environ*, 2019, 156: 147 – 155.
- [62] 巴美慧, 康健. 嗅听交互作用下的城市公共开放空间感知及行为研究[J]. *南方建筑*, 2022(10): 19 – 29.
- [63] 崔雪, 金荷仙, 曾程程. 校园绿地听嗅交互感知对大学生压力恢复的影响研究[J]. *中国园林*, 2023, 39(2): 26 – 31.
- [64] QI Y, CHEN Q, LIN F, et al. Comparative study on birdsong and its multi-sensory combinational effects on physio-psychological restoration[J]. *J Environ Psychol*, 2022, 83: 1 – 14.
- [65] 张筱婉. 基于视、听、嗅多维度感知的大学生复愈性植物景观循证设计研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2022.
- [66] ZHONG B, XIE H, GAO T, et al. The effects of spatial characteristics and visual and smell Environments on the soundscape of waterfront space in mountainous cities[J]. *Forests*, 2022, 14(10): 1 – 19.