

交互感知视角下月季色彩与香气对大学生神经情绪影响研究

Neuro-emotions Based on Electroencephalograph Response to Different Colors and Aromas of Rose in College Students: From the Perspective of Visual-olfactory Interaction

鲍齐齐 金荷仙* 曾程程
BAO Qiqi JIN Hexian* ZENG Chengcheng

(浙江农林大学风景园林与建筑学院, 杭州 311300)
(College of Landscape Architecture, Zhejiang A&F University, Hangzhou, Zhejiang, China, 311300)

文章编号: 1000-0283(2024)07-0021-10
DOI: 10.12193/j.laing.2024.07.0021.003
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2024-03-06
修回日期: 2024-03-27

摘要

月季作为“花中皇后”，在园林绿化和家庭园艺中有着广泛应用，其丰富的花色和香味具有一定的疗愈作用。情绪在身心健康中发挥重要作用，目前关于月季对人情绪的影响多使用主观问卷，从单一的视觉或嗅觉感知入手，缺乏多感官维度的客观指标支撑，研究结果尚不能科学地指导实际应用。从视嗅感知的视角，探究不同色彩和香气的月季对人体神经情绪是否存在积极影响以及影响的差异。视觉变量分为6个色彩类型——白色、橙色、粉色、红色、黄色、蓝紫色，嗅觉变量分为两种香型——玫瑰香型、果香型，形成6种色彩和两种香型组成的12个色彩与香气的交互组。招募大学生受试者(n=240)将其随机分配到12个组中，评价选择Emotiv Epoc X便携式脑电仪设备测量前测施压和后测恢复期间的6个神经情绪指标(参与、压力、兴趣、兴奋、专注和放松)。结果显示:(1)白色、橙色和玫瑰香型，黄色—玫瑰香型、橙色—玫瑰香型、白色—果香型和橙色—果香型等组合能显著提高人的参与情绪，红色、粉色和黄色具有较强的吸引力，能诱导兴趣情绪的提升;(2)偏冷色系(白色、蓝紫色和粉色)的降压和放松情绪的效果远高于红、橙、黄等暖色系，果香型缓解压力的效果更突出;(3)以红色和黄色为代表的暖色系诱导兴奋和专注情绪表达的效果最佳，这些暖色系和两种香型的组合能振奋情绪，更有利于注意力的恢复，能补充定向注意力;(4)色彩对神经情绪的作用效果更强，且色彩和香气的组合对神经情绪的影响并非单纯的累加效应。研究可指导校园中不同色彩和香气的月季进行合理组合配置，诱导人们产生积极情绪，提高绿地的健康效益。

关键词

视嗅交互感知; 月季; 色彩; 香气; 神经情绪

Abstract

As the “queen of flowers”, the rose is widely used in landscaping and home gardening. Its rich color and fragrance have a specific healing effect. Emotions play an essential role in physical and mental health. At present, the influence of rose on people's emotions is mainly based on subjective questionnaires, starting from a single visual or olfactory perception. The research results cannot scientifically guide the practical application without the support of objective indicators from multi-sensory dimensions. From the perspective of visual and smell perception, this study studied whether different colors and aromas of rose have positive effects on human neuro-emotional status and the difference of effects. Visual variables were divided into six color types: white, orange, pink, red, yellow, and blue-purple, and olfactory variables were divided into two flavor types, rose and fruit, forming 12 color and aroma interaction groups composed of six colors and two flavors. College students (n=240) were recruited and randomly assigned to 12 groups. The Emotiv Epoc X portable electroencephalography device was selected to measure six neuro-emotional indicators (engagement, stress, interest, excitement, focus, and relaxation) during pre-test stress and post-test recovery. The results showed that: (1) The combination of white, orange and rose, yellow-rose, orange-rose, white-fruit and orange-fruit can significantly improve people's participating emotions, and red, pink, and yellow have strong attraction and can

鲍齐齐

1997年生/女/安徽桐城人/在读硕士研究生/研究方向为康复景观

金荷仙

1964年生/女/浙江东阳人/博士/教授、博士生导师/研究方向为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

曾程程

1991年生/女/四川德阳人/博士/讲师/研究方向为国家公园规划设计、森林康养、康复景观

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: lotusjhx@zafu.edu.cn

基金项目:

国家自然科学基金面上项目“芳香植物配置对人体亚健康干预效应研究”(编号: 51978626); 国家自然科学基金面上项目“视嗅感知协同作用下的城市绿地植物配置研究”(编号: 52278084)

induce the improvement of interest; (2) The effect of cool colors (white, blue-purple and pink) on lowering blood pressure and relaxing mood is much higher than that of warm colors such as red, orange and yellow, and the effect of fruity flavor on relieving stress is more prominent; (3) The warm colors represented by red and yellow have the best effect on inducing excitement and focused emotional expression, and the combination of these warm colors and the two fragrances can stimulate emotions, more conducive to the recovery of attention, and can supplement directed attention; (4) The effect of color on neural emotion is more robust, and the effect of the combination of color and aroma on neural emotion is not a simple additive effect. The results of this study can guide the reasonable combination and allocation of roses with different colors and aromas, induce people's positive emotions, and improve the health benefits of green space.

Keywords

visual-olfactory interaction perception; rose; colors; aromas; neuro-emotions

随着城市化进程的不断推进, 城市区域不断扩张, 全球各地区的城市人口比例在不断增加, 快节奏的生活让人们与自然的接触机会和频率大大减少, 积累的压力越来越大, 压力对身心健康、人类福祉和社会凝聚力产生一定的负面影响^[1]。近年来, 亚健康状态在年轻人尤其是大学生群体中愈发突显, 有研究显示大学生群体中一半以上都存在身心健康问题, 情绪低落消极是其中表现之一^[2]。情绪和情感是人对客观事物与个人需要之间关系的反应, 阿诺德认为当某一事件、刺激呈现时, 会根据个人过去的经历、目标和关注点对其进行评估, 当被认知评估为具有个人意义时就会产生情绪^[3], 进而会对人健康产生不同影响。近年来, 越来越多的研究关注自然环境对人身心健康的干预, Ulrich的减压理论和Kaplan的注意力恢复理论详细描述了自然环境在缓解精神压力、恢复身心健康中发挥的作用和机制, 已有研究证明, 自然环境对人的生理、情感和注意力恢复效果比城市环境更好^[4-5]。绿地作为一种自然环境, 在生态、景观游憩、保健等方面发挥着重要作用^[6], 其健康效益广泛^[7]。植物作为绿地中最重要的组成部分, 在促进人体健康方面意义重大, 能对情绪产生积极影响^[8], 能减少压力、促进注意力恢复^[9], 提

升幸福感^[10]。月季作为芳香植物, 具有丰富的花色, 独特的花香, 是宝贵的园林植物, 广泛应用于色彩园、芳香园、月季专类园以及夜花园中, 月季大部分品种的挥发物成分具有健康价值, 是芳香疗法和医疗保健的重要资源。在疫情爆发期间, 住宅花园的价值被大众所公认^[11], 即与植物接触能起到预防作用。

人类通过五种感官从环境中接收信息。研究表明视觉可以促进嗅觉的感知^[12], 也有研究发现嗅觉的不同特性可以调节视觉注意^[13], 气味可以增强对一致视觉对象的注意力^[14], 视嗅耦合对生理和心理的放松效果显著高于单一刺激^[15], 视嗅感知的一致性越高, 参与者对植物景观的评价越高^[16]。因此在研究中, 视觉和嗅觉的相互作用不可忽视。

植物的色彩和香气与人的健康密切相关。Mohamed^[17]的研究表明人在看不同叶色植物时的生理和心理反应存在显著差异, 指出黄绿色和亮绿色可以诱导愉快、放松的情绪, 并吸引人的注意力, 而绿白相间的叶片会带来负面情绪, 建议在儿童区和办公室等需要活力的地方, 引入深绿色和红色的景观。在Song^[18]的研究中观赏无色红玫瑰3 min后, 受试者右前额叶皮层中氧-Hb浓度显著降低, 且情绪状态得到改善。金荷仙^[19]探

讨了梅花、桂花的香气对人体健康的影响, 结果表明两种花香均能降低肌电值和体温, 具有放松效果, 而且嗅闻桂花香气后自我报告的注意力、记忆力和想象力均有所提升。郭佳瑜^[20]从视嗅感知的角度研究了不同植物景观对大学生身心健康的影响, 结果表明视嗅耦合刺激比单一感官刺激更能放松身心、提高注意力, 且桂花的气味能产生很好的愉悦感, 青草和月季气味能缓解焦虑。Xiong等^[21]的研究表明在不同时段嗅闻粉红茉莉花均能诱导积极的情绪, 其中早上嗅闻可以增强活力, 下午嗅闻可以缓解负面情绪, 晚上嗅闻的放松效果最佳。Zhang等^[22]的研究证明香菜植物的挥发物通过影响大脑生理和唾液分泌的活性, 从而改善人们的负面情绪。

情绪与人的感知密切相关, 对人类认知产生重要影响, 面部表情、肢体手势和大脑活动被广泛用于识别人类情绪^[23]。目前越来越多的研究通过更加科学先进的技术手段来研究情绪, 如利用脑电、心电、皮电、肌电和皮温等记录人活动时的情绪体验^[24], 使用眼动仪测量瞳孔直径来衡量情感波动^[25]。情绪活动是进行绿地研究时广泛关注的方面, 在先前的绿地恢复性效益研究中脑电图设备electroencephalogram (EEG) 被经常使用, 能实时

记录大脑活动,并将来自多个大脑区域的不同频率的脑电波转换为直观的神经情绪,各种情绪(如参与、压力、兴趣、兴奋、专注、放松)的数值可以通过与脑电图匹配的软件直接读取,和主观评价相比,通过脑电设备获取的情绪指标相对客观。在Lin等^[26]的研究中,使用脑电仪测量在城市绿地中步行和静坐两种行为方式的神经情绪参数,结果表明,静坐组的专注值高于步行组,静坐是一种有效恢复注意力的方式,然而步行组的冥想和有效价值均高于静坐组,说明步行更能起到减轻压力的作用。Zeng等^[27]发现不同植被密度和综合声环境的组合对大学生的神经情绪有显著影响差异,在中等和高密度空间,人工声更能促进兴奋情绪产生,较高和较低密度的空间会产生更高的压力情绪,高分贝的人工声更容易促进专注情绪的表达。Neale等^[28]使用脑电图提供的神经情感参数来比较老年人在三种不同城市环境中的行走状态,结果显示与繁忙安静的城市环境相比,在城市绿地中行走对老年人的参与情绪提升效果更明显,恢复效果更好。Du等^[29]的研究评估认知正常和认知受损的老年人观看不同颜色虎舌红植株时的神经情绪差异,结果显示对于认知正常组,红色虎舌红能显著降低其压力、参与和专注度,对于认知受损组,红色搭配绿色的虎舌红能起到很好的放松作用。以上研究均证明了使用脑电仪研究神经情绪的可靠性。

综上,尽管目前关于植物对人体健康影

响的研究取得了一定的成果,但大部分研究集中于植物挥发物成分对人体生理心理产生的影响、人体对植物色彩的生理心理响应以及人们对植物的偏好,还未有使用客观指标从色彩与香型交互的角度研究植物对人情绪的影响差异,城市绿地中的视嗅交互关系及其对人体的情绪影响还需进一步探究。因此,为了明确月季景观与人情绪之间的关联,使用脑电设备开展月季色彩和香气的视嗅感知恢复实验,探究不同色彩和香气的月季对大学生神经情绪的影响差异,为校园恢复性景观营造提供科学理论指导。

1 材料和方法

1.1 时间与地点

实验在大学的一间办公室进行。实验时关闭门窗、拉上窗帘,避免噪声和光线差异影响实验。实验于2023年5月10-20日进行,时间为8:30-11:30、13:30-16:30、18:30-21:30。室内温度、湿度分别保持在26℃、55%左右。

1.2 参与者

在大学校园张贴海报招募参与者,要求身体健康、没有重大身体或健康疾病史,体重符合健康指数(BMI),范围在18.5~23.9之间,最近6个月内未服用任何激素药物,未饮酒或吸烟,矫正视力为5.0,无散光或斜视,确保能正常观看图像,最近一段时间无感冒和鼻炎问题,能正常嗅闻气味。要求受试者在实验前保持充足睡眠、不摄入烟酒和

咖啡。最终招募到240名受试者(男女比例为3:5),平均年龄为21.5岁(范围=18~25岁,SD=1.98)。所有参与者都得到了关于本研究的完整信息,对这个实验有着清晰认知。与本研究相关的一系列研究项目均经相关伦理委员会批准。

1.3 植物材料

对浙江省内典型的月季景观进行调查研究,确定宁波植物园月季园、杭州花圃、大关公园、白马湖公园月季园以及浙江农林大学等高校的月季景观为研究样地,拍摄200余张月季盛花期景观图片,并对30名游客进行半结构访谈(访谈内容为:您观察到的月季有几种颜色,可以列举出来吗?您可以闻到月季散发的的气味吗?如果可以请描述这种香味,比如属于什么香味类型),了解月季的色彩应用以及大众对月季香气的感知情况。根据访谈结果以及月季实际应用情况,确定视觉变量为白、橙、粉、红、黄、蓝紫6种色彩的月季景观图片,使用Photoshop和ColourImpact软件进行图像处理,确保每种色系的明度、亮度相等,以及色彩比例相当。游客的半结构访谈结果显示,玫瑰香型和果香型能被明确感知到,相关研究对多个品种月季的香气类型作了界定^[30],据此所选的嗅觉材料见表1,详细过程见图1。6个视觉变量和两个嗅觉变量共同组合形成12组:HR(红色—玫瑰香型)、HF(红色—果香型)、YR(黄色—玫瑰香型)、YF(黄色—果香型)、OR(橙

表1 嗅觉材料
Tab. 1 Olfactory materials

香型 Aroma type	主要挥发物成分 Main volatile components	代表品种 Representative variety	形态特征 Morphological characteristics
玫瑰香型	香叶醇、甲基丁香醇、醋酸己酯	朱墨双辉 (<i>Rosa hybrida</i> 'Crimson Glory')	小型藤本,花深红色,杯状花型
果香型	柠檬烯醇、苯乙醇	黄金庆典 (<i>Rosa hybrida</i> 'Golden Celebration')	灌木,金黄色花朵,杯状花型



图1 前期调研和实验材料确定
Fig. 1 Preliminary research and experimental material determination

图2 实验流程
Fig. 2 Experimental procedure

色—玫瑰香型)、O-F (橙色—果香型)、P-R (粉色—玫瑰香型)、P-F (粉色—果香型)、W-R (白色—玫瑰香型)、W-F (白色—果香型)、B-R (蓝紫色—玫瑰香型)、B-F (蓝紫色—果香型)。

在正式试验前开展嗅觉感知的预实验, 为了确保气味浓度更接近于人在实际环境中闻到的, 采摘新鲜花朵置于密封带开口的不透明盒子中并分别设置6种气味浓度供志愿者进行感知评分, 最后根据受试者的评分情况选取最适宜的气味浓度。

1.4 脑电测量

使用Emotiv EPOC X便携式脑电仪来记录脑电信号。其4个电极覆盖了4个大脑叶, 额叶 (F3、F4、AF3、AF4) 反映情绪、语言、认知和行为; 颞叶 (T7、T8) 主要控制语言处理和视听记忆; 顶叶 (P7、P8) 主要负责接收和感觉连接; 枕叶 (O1、O2) 主要反映大脑中的视觉信息, α 波 (8 ~ 13 Hz) 通常与放松和愉悦状态有关, β 波 (13 ~ 30 Hz) 是一种高频波, 通常与警觉和唤醒状态有关。脑

电波数据通过蓝牙保存到硬盘中, Emotiv Pro 软件每分钟记录4个脑区的6个情绪值 (参与、压力、兴趣、兴奋、专注和放松) 以反映大脑活动和情绪变化。本研究参考Emotiv官网以及相关研究^[26], 得出情绪指标的定义如下: 参与情绪表示对当下感知环境的沉浸、兴趣或定向注意程度; 压力情绪是个体对所处环境感到焦虑或恐惧而产生的一种紧张的状态; 兴趣情绪反映个体对感知环境的喜好或厌恶程度, 表征当下环境的吸引力高低; 兴奋情绪是一种高度唤醒和高度愉悦的状态; 专注是一种高度的唤醒状态, 反映个体对当下环境产生高度注意力; 放松反映个体对当下环境感到愉悦, 表现为血压降低和心率减慢。

1.5 实验流程

实验流程如图2, 分为两个阶段: 前测施压和后测恢复。240名 (n=20) 受试者被随机分配到12组中的一组, 并在实验开始前被要求静坐5 min。佩戴好脑电后, 开始3 min的计算题施压任务。前测结束后, 受试者观看显示屏上播放的月季图片, 每种色系各3张图, 每张图片各停留1 min, 同时嗅闻不透明盒子中的月季花朵材料, 后测恢复也是3 min, 设备全程记录脑电波数据。控制每个受试者的实验时长在15 min以内, 每次实验结束后, 打开门窗通风5 min, 以去除空气中的残留气味。

1.6 统计分析

使用SPSS 26.0进行数据分析。首先对施压和恢复阶段的数据进行配对T检验分析, 判断不同色彩和香气的月季是否对神经情绪产生影响, 然后对所有情绪指标进行协方差分析, 以消除个体产生的混杂干扰。将前测

的情绪值作为协变量，色系和香型作为自变量，后测的6个情绪值作为因变量，分析前测、香型、色系的主效应以及色系和香型的交互效应，其中，主效应分析可以得出色系和香型单独作用下对情绪的影响，而简单效应分析可以得出色系和香型的交互组合对情绪的影响，进而比较不同色系、不同香型以及不同色系和香型的组合对神经情绪的影响差异。

2 结果

2.1 神经情绪指标的配对T检验分析

对施压阶段和恢复阶段的神经情绪指标进行配对T检验分析(表2)，结果显示，在月季色彩和香气的影响下，参与($p<0.01$)，压力($p<0.01$)，兴趣($p<0.01$)，兴奋($p=0.007$)、专注($p<0.01$)和放松($p<0.01$)6个情绪指标的前后变化呈现极显著差异。参与、兴趣、专注和放松情绪均表现出上升趋势，而压力和兴奋情绪呈现下降趋势。这说明不同色彩和香气的月季均能对人体产生积极情绪效益。

2.2 神经情绪指标的主效应分析

本文分析了月季的不同色彩和香气对人6个神经情绪指标的影响(表3、表4)。根据分析结果可知，在6个情绪指标中，色彩的主效应均显著，显著性检验分别为0.000、0.000、0.020、0.000、0.000和0.000。香型只在参与和专注情绪上主效应显著，显著性检验分别为0.000和0.020，在兴趣($p=0.190>0.05$)、兴奋($p=0.565>0.05$)、专注($p=0.793>0.05$)和放松($p=0.327>0.05$)情绪中均没有显著性差异。

从多重比较的结果可以看出，对于参与情绪，白色和橙色的参与情绪值显著高于

表2 配对T检验分析
Tab. 2 Paired T-test analysis

情绪指标 Neuroemotional parameters	阶段 Period	均值 Average	标准差 Standard deviation	差值 Difference	T	p
参与	前测	0.560	0.039	-0.063	-20.680	0.000
	恢复	0.623	0.055			
压力	前测	0.596	0.048	0.123	21.225	0.000
	恢复	0.473	0.060			
兴趣	前测	0.462	0.054	-0.048	-8.839	0.000
	恢复	0.509	0.068			
兴奋	前测	0.407	0.050	0.015	2.702	0.007
	恢复	0.392	0.061			
专注	前测	0.457	0.041	-0.024	-3.630	0.000
	恢复	0.481	0.064			
放松	前测	0.253	0.042	-0.078	-26.505	0.000
	恢复	0.331	0.055			

注：T值用于衡量前测和恢复期间的差异大小， p 值代表差异的显著程度， $p<0.05$ 差异显著。

表3 色彩的神经情绪主效应分析
Tab. 3 Main effects of colors in neuroemotional parameters

情绪指标 Neuroemotional parameters	色彩 Colors	均值 Average	标准误差 Standard error	F	p	多重比较 Multiple comparisons
参与	W	0.654	0.046	15.500	0.000	W>H, W>B W>P, O>H O>B, O>P
	O	0.642	0.056			
	P	0.591	0.046			
	H	0.615	0.047			
	Y	0.632	0.043			
	B	0.599	0.046			
压力	W	0.388	0.037	6.098	0.000	O>W, O>P O>B, H>W H>W, H>W
	O	0.522	0.042			
	P	0.392	0.032			
	H	0.52	0.042			
	Y	0.496	0.039			
	B	0.398	0.037			
兴趣	W	0.489	0.021	2.731	0.020	H>B, H>O H>W, P>B P>O, P>W Y>B, Y>O Y>W
	O	0.491	0.021			
	P	0.551	0.025			
	H	0.568	0.026			
	Y	0.55	0.024			
	B	0.499	0.021			
兴奋	W	0.323	0.022	11.232	0.000	H>B, H>P H>W, O>B O>P, O>W
	O	0.516	0.031			
	P	0.372	0.023			
	H	0.541	0.035			
	Y	0.436	0.028			
	B	0.385	0.024			

续上表

情绪指标 Neuroemotional parameters	色彩 Colors	均值 Average	标准误差 Standard error	F	p	多重比较 Multiple comparisons
专注	W	0.458	0.035	32.429	0.000	H>O, H>B H>P, H>W Y>O, Y>B Y>P, Y>W
	O	0.513	0.037			
	P	0.459	0.035			
	H	0.64	0.041			
	Y	0.631	0.041			
	B	0.461	0.035			
放松	W	0.374	0.031	15.847	0.000	B>Y, B>O B>H, P>Y P>O, P>H
	O	0.28	0.025			
	P	0.38	0.031			
	H	0.275	0.025			
	Y	0.315	0.027			
	B	0.416	0.032			

注: F值为两个均方的比值, p 值代表差异的显著程度, $p<0.05$ 差异显著, 表4-表8同理。

表4 香型的神经情绪主效应分析
Tab. 4 Main effects of aromas in neuroemotional parameters

情绪指标 Neuroemotional parameters	色彩 Colors	均值 Average	标准误差 Standard error	F	p	多重比较 Multiple comparisons
参与	R	0.650	0.004	118.427	0.000	R>F
	F	0.594	0.004			
压力	R	0.478	0.016	5.461	0.020	R>F
	F	0.427	0.016			
兴趣	R	0.513	0.012	1.724	0.190	-
	F	0.536	0.012			
兴奋	R	0.435	0.015	0.332	0.565	-
	F	0.423	0.015			
专注	R	0.525	0.009	0.069	0.793	-
	F	0.529	0.009			
放松	R	0.334	0.008	0.963	0.327	-
	F	0.346	0.008			

红色、蓝紫色和粉色, 玫瑰香型显著高于果香型。在压力情绪中, 白色、粉色和蓝紫色的压力值均显著低于橙色和红色, 同时果香型的压力值显著低于玫瑰香型。对于兴趣指标, 红色、粉色和黄色的兴趣值均显著高于蓝紫色、橙色、白色。在兴奋指标中, 红色和橙色的兴奋值均显著大于蓝紫色、粉色和白色。对于专注指标, 红色和黄色的专注值

均显著大于橙色、蓝紫色、粉色和白色。在放松指标中, 蓝紫色和粉色的放松值均显著高于黄色、橙色和红色。根据以上结果可知, 白色和橙色以及玫瑰香型的月季提升参与情绪的效果最佳; 白色、粉色和蓝紫色以及果香型的月季产生的降压效果突出; 红色、粉色和黄色的月季更让人感兴趣; 红色和黄色的月季更能促进注意力提升; 蓝紫色和粉色

的月季放松情绪的效果最好。

2.3 交互作用显著的神经情绪指标的简单效应分析

在上一步的主效应分析中, 发现色彩和香气在参与和专注情绪指标中存在显著的交互作用, 显著性检验分别为0.000和0.034。对其进行简单效应分析, 明确不同色彩和香气的组合对神经情绪的影响差异。

对于参与情绪, 根据表5的简单效应分析结果可知, 在橙色、粉色、红色、黄色和蓝紫色中, 玫瑰香型和果香型产生的参与值均存在显著差异, 显著性检验分别为0.000、0.010、0.001、0.000和0.000, 表现为玫瑰香型的参与值均高于果香型, 但在白色中, 玫瑰香型和果香型的参与值差异不显著($p=0.162>0.05$)。根据表6的简单效应分析结果可知, 在玫瑰香型中, 各颜色间的参与值差异极显著($p=0.000$), 黄色和橙色的参与值显著高于红色、蓝紫色和粉色, 白色的参与值显著高于蓝紫色和粉色。在果香型中, 各颜色间的参与值差异极显著($p=0.000$), 白色的参与值显著高于橙色、红色、黄色、粉色和蓝紫色, 且橙色的参与值也显著高于蓝紫色。结合以上结果可知, 黄色—玫瑰香型、橙色—玫瑰香型、白色—玫瑰香型和白色—果香型能诱导更高的参与情绪, 更能让人产生沉浸感。

对于专注情绪, 根据表7的简单效应分析结果可知, 在白色($p=0.927>0.05$)、粉色($p=0.955>0.05$)、黄色($p=0.138>0.05$)和蓝紫色($p=0.554>0.05$)中, 玫瑰香型和果香型的专注值差异均不显著, 在橙色和红色中, 玫瑰香型和果香型产生的专注值差异显著, 显著性检验分别为0.037和0.021。具体表现如下: 在橙色中, 果香型的专注值显著高于玫

表5 色彩的参与情绪简单效应分析
Tab. 5 Simple effects of colors in engagement neuroemotional parameters

色彩 Colors	香型 Aromas	均值 Average	标准误差 Standard error	F	p	多重比较 Multiple comparisons
W	R	0.663	0.039	1.969	0.162	-
W	F	0.645	0.046			
O	R	0.678	0.038	33.938	0.000	R>F
O	F	0.605	0.037			
P	R	0.608	0.037	6.769	0.010	R>F
P	F	0.575	0.009			
H	R	0.637	0.043	12.390	0.001	R>F
H	F	0.593	0.041			
Y	R	0.682	0.049	64.936	0.000	R>F
Y	F	0.581	0.033			
B	R	0.632	0.036	27.601	0.000	R>F
B	F	0.566	0.039			

表6 香型的参与情绪简单效应分析
Tab. 6 Simple effects of aromas in engagement neuroemotional parameters

香型 Aromas	色彩 Colors	均值 Average	标准误差 Standard error	F	p	多重比较 Multiple comparisons
R	W	0.663	0.039	10.953	0.000	Y>H, Y>B Y>P, O>H O>B, O>P
R	O	0.678	0.040			
R	P	0.608	0.037			
R	H	0.637	0.037			
R	Y	0.682	0.046			
R	B	0.632	0.038			
F	W	0.645	0.035	10.368	0.000	W>O, W>H W>Y, W>P W>B, O>B
F	O	0.605	0.031			
F	P	0.575	0.034			
F	H	0.593	0.043			
F	Y	0.581	0.033			
F	B	0.566	0.036			

瑰香型；在红色中，玫瑰香型的专注值显著高于果香型。根据表8的简单效应分析结果可知，在玫瑰香型中，各颜色间的参与值差异显著 ($p=0.000$)，红色和黄色的专注值显著高于白色、橙色、蓝紫色和粉色；在果香型中，各颜色间的专注值差异显著 ($p=0.000$)，黄色的专注值显著高于橙色、粉色、白色和蓝紫色，且红色的专注值也显著高于蓝紫色。

结合以上结果可知，红色—玫瑰香型、黄色—玫瑰香型、红色—果香型以及黄色—果香型能促进更高的专注情绪，对人注意力的恢复效果更好。

3 结论与讨论

3.1 月季色彩和香气对参与、兴趣情绪的影响

白色、橙色和玫瑰香型，黄色—玫瑰

香型、橙色—玫瑰香型、白色—果香型和橙色—果香型的组合能显著提高人的参与情绪，更能让人产生参与沉浸感。在Paddle^[31]的研究中，暴露于橙色的植物环境中的儿童能获得更多的参与感，有利于促进注意力的恢复，与本研究结果一致。白色的兴奋情绪值较低，但参与情绪值高，这在Zhang^[32]的研究中有所体现，即白色是一种既能放松又能唤醒情绪的颜色，能提升参与感。

红色、粉色和黄色具有较强的吸引力，能诱导兴趣情绪的提升。红、黄等暖色系能给人明亮欢乐的感觉，粉色能给人带来愉悦的感受^[33]。在另一项研究中，红色和粉色的花朵被评为最受欢迎的颜色。以往的研究证明了人对花色的偏好会受环境和文化联想的影响^[34-35]，在中国，红色被认为是代表“好运”的颜色，这很好地解释了红色的月季让人产生了最高的兴趣值。

3.2 月季色彩和香气对压力、放松情绪的影响

偏冷色系，如白色、蓝紫色和粉色产生的降压和放松情绪的效果远高于红、橙、黄等暖色系，果香型缓解压力的效果更突出。在Ikel^[36]的实验中证明粉色月季能让人感到放松、舒适，Sadek等^[37]的研究显示白色花卉和粉色花卉能使人放松，方嘉淋^[38]的研究结果也显示白色和蓝色的花朵能有效舒缓紧张情绪。在袁卿语^[39]的研究中，散发果香味的植物挥发物能对人体产生镇静作用，提高人的放松程度。压力减轻理论 (ART) 指出，人类是长期依靠自然环境而不断进化的产物，良好的自然环境可以促进人类在身心健康上获得积极效应，代谢掉不良外力产生的副作用^[40]，白色、蓝紫色和粉色以及散发果香味的月季能令人感到愉悦，对人的消极心理状态进行调整，从而达到缓解压力、放松情绪的效用。

表7 色彩的专注情绪简单效应分析
Tab. 7 Simple effects of colors in focus neuroemotional parameters

色彩 Colors	香型 Aromas	均值 Average	标准误差 Standard error	F	p	多重比较 Multiple comparisons
W	R	0.459	0.025	0.008	0.927	-
W	F	0.456	0.032			
O	R	0.481	0.021	4.419	0.037	F>R
O	F	0.544	0.031			
P	R	0.459	0.028	0.003	0.955	-
P	F	0.460	0.026			
H	R	0.675	0.037	5.385	0.021	R>F
H	F	0.605	0.030			
Y	R	0.608	0.026	2.221	0.138	-
Y	F	0.653	0.038			
B	R	0.470	0.029	0.351	0.554	-
B	F	0.452	0.028			

表8 香型的专注情绪简单效应分析
Tab. 8 Simple effects of aromas in focus neuroemotional parameters

香型 Aromas	色彩 Colors	均值 Average	标准误差 Standard error	F	p	多重比较 Multiple comparisons
R	W	0.459	0.021	18.715	0.000	H>W, H>O H>B, H>P Y>W, Y>O Y>B, Y>P
R	O	0.481	0.026			
R	P	0.459	0.021			
R	H	0.675	0.036			
R	Y	0.608	0.031			
R	B	0.470	0.022			
F	W	0.456	0.025	16.177	0.000	Y>O, Y>P Y>W, Y>B H>B
F	O	0.544	0.030			
F	P	0.460	0.027			
F	H	0.605	0.035			
F	Y	0.653	0.037			
F	B	0.452	0.027			

3.3 月季色彩和香气对兴奋、专注情绪的影响

以红色和黄色为代表的暖色系诱导兴奋和专注情绪表达的效果远大于蓝紫和白色等冷色系, 因此, 这些暖色系和两种香型的组合能振奋情绪, 更有利于注意力的恢复, 能补充定向注意力。但Moller^[41]的研究认为红色与负性情绪呈正相关, 而与正性情绪呈负相关, 但其仅研究色彩本身, 忽略了色彩的载

体(如红色的叶子、花或者建筑表面), 这种差异可能影响了红色对人情绪的影响。有研究指出, 黄色、红色植物能促进男性和女性集中注意力^[37], Kim^[42]的实验证明月季的香气诱导了脑电波β波活化, 能创造一个有利于集中和平静的芳香环境来提高注意力, 与本研究的结果一致。注意力恢复理论中提到恢复性环境的4个特征中包括远离、迷人、

延展和兼容, 其中魅力是恢复性环境中最主要的元素, 指能轻易吸引人的注意力的事物、内容和过程^[43], 因此具有较高兴趣情绪值的红色和黄色月季景观亦能诱导专注情绪的提高。

3.4 月季色彩和香气的交互效应

和香气相比, 色彩对神经情绪的作用效果更强, 且色彩和香气的组合对神经情绪的影响并非是单纯的累加效应。色彩在6个情绪指标中均存在显著的主效应, 香气仅在参与和压力情绪中存在显著的主效应, 说明色彩对兴趣、兴奋、专注和放松等神经情绪的影响力度要大于香气, 这在Zhang^[44]的研究中也有体现, 该研究发现桂花景观的视觉刺激对交感神经活动的影响比嗅觉刺激更明显, 即看桂花景观的图片比嗅闻桂花产生更高的兴奋情绪, 与本研究结果一致。另外, 黄色和果香型月季诱导的参与情绪值并不高, 但是黄色—玫瑰香型的参与值却呈现最高的水平, 这说明色彩和香气的一些组合对参与情绪的影响并不是简单的累加效应, 可能是超加性, 即效应和大于各部分相加的值, 关于色彩和香气更深层次的交互机制未来需要更加深入的研究。

3.5 校园月季景观设计策略

在未来校园月季景观的配置中, 根据不同功能分区、不同空间氛围以及不同情绪需求进行色彩与香气的合理搭配, 充分发挥月季色彩和香气及组合具备的积极情绪效应, 营造健康效益最大化的恢复性环境。例如, 在人群聚集的活动区域、需要营造活力的空间氛围时, 提高红色和橙色月季的配置比例, 促进兴奋情绪的表达。在标志性景观、重要节点处以及运动、学习区域,

选择红色和黄色的月季, 搭配玫瑰香型和果香型品种, 营造花坛和花境景观, 并在其中点缀树状月季, 提高景观的视觉吸引力, 进而促进注意力恢复。在休憩、冥想区域, 将蓝紫色、白色和粉色的月季与果香型的品种合理搭配, 营造月季拱门、花廊等景观, 并在其中布设休憩座椅, 帮助学生减轻压力, 进入放松愉悦的状态。由于白色既有减压、放松的功能, 也能发挥唤醒的效果, 所以将其和红、黄等暖色系合理搭配, 可以产生积极的情绪效应。另外在校园夜花园的环境中, 白色和黄色更容易被识别^[45], 因此可以适当提高黄、白色系月季品种的种植密度。

3.6 不足与展望

本研究中月季对人体情绪的影响只考虑了即时性的效果, 长期的刺激是否具有一致的结果还需进一步验证; 本研究聚焦月季的花色与香型对人神经情绪的干预效果, 但月季观赏特征丰富, 且新品种也在不断涌现, 未来的研究可以考虑更多类型的观赏性状在不同环境中的应用效果, 例如其在不同光照、温度、湿度、风向风速等环境下构成的不同植物群落和空间布局中的视觉、嗅觉效应以及视觉行为与心理认知的关联。同时, 考虑到绿地环境中存在多种感官刺激, 如自然声音与人工声音, 未来研究可以结合声景, 探索声音与视觉、嗅觉刺激的交互作用, 从而全面评估月季景观对人类健康的综合影响, 揭示从景观感知到对人体产生裨益的中介效应及作用机制。通过跨学科研究深入探索月季景观在提升人类福祉方面的潜力, 为景观设计和公共健康领域提供科学依据。

注: 文中图表均由作者自绘/摄。

参考文献

- [1] HUNTER R F, CLELAND C, CLEARY A, et al. Environmental, Health, Wellbeing, Social and Equity Effects of Urban Green Space Interventions: A Meta-Narrative Evidence Synthesis[J]. *Environment International*, 2019, 130: 104923.
- [2] 李玉环, 王琦, 何尹雄, 等. 在校大学生亚健康情况调查与分析[J]. *世界最新医学信息文摘*, 2019, 19(42): 312-313.
- [3] 乔建中. 当今情绪研究视角中的阿诺德情绪理论[J]. *心理科学进展*, 2008(2): 302-305.
- [4] HARTIG T, EVANS G W, JAMNER L D, et al. Tracking Restoration in Natural and Urban Field Settings[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2003, 23(2): 109-123.
- [5] CHANG C Y, HAMMITT W E, CHEN P K, et al. Psychophysiological Responses and Restorative Values of Natural Environments in Taiwan[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2008, 85(2): 79-84.
- [6] 孔繁花, 尹海伟. 城市绿地功能的研究现状、问题及发展方向[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2010, 34(2): 119-124.
- [7] 黄雯雯, 林广思. 城市绿地社会健康的概念、效益及影响因素[J]. *中国园林*, 2023(11): 1-6.
- [8] HAVILAND-JONES J, ROSARIO H H, WILSON P, et al. R. An Environmental Approach to Positive Emotion: Flowers[J]. *Evolutionary Psychology*, 2005, 3(1).
- [9] JUMENO D, MATSUMOTO H. The Effects of Indoor Foliage Plants on Perceived Air Quality, Mood, Attention, and Productivity[J]. 2023.
- [10] SIN-AE P, CHORONG S, YUN-AH O, et al. Comparison of Physiological and Psychological Relaxation Using Measurements of Heart Rate Variability, Prefrontal Cortex Activity, and Subjective Indexes after Completing Tasks with and Without Foliage Plants[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2017, 14(9).
- [11] SOFO A. Converting Home Spaces into Food Gardens at the Time of Covid-19 Quarantine: All the Benefits of Plants in this Difficult and Unprecedented Period[J]. *Human Ecology*, 2020: 131-139.
- [12] GOTTFRIED J A, DOLAN R J. The Nose Smells What the Eye Sees: Crossmodal Visual Facilitation of Human Olfactory Perception[J]. *Neuron*, 2003, 39(2): 375-386.
- [13] MICHAEL G A, JACQUOT L, MILLOT J L, et al. Ambient Odors Modulate Visual Attentional Capture[J]. *Neuroscience Letters*, 2003, 352(3): 221-225.
- [14] SEO H S, ROIDL E, MÜLLER F, et al. Odors Enhance Visual Attention to Congruent Objects[J]. *Appetite*, 2010, 54(3): 544-549.
- [15] SONG C, IKEI H, MIYAZAKI Y. Physiological Effects of Forest-Related Visual, Olfactory, and Combined Stimuli on Humans: An Additive Combined Effect[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2019, 44: 126437.
- [16] QI Y, CHEN Q, LIN F, et al. Comparative Study on Birdsong and Its Multi-Sensory Combinational Effects on Physio-Psychological Restoration[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2022, 83: 101879.
- [17] ELSADEK M, SUN M, FUJII E. Psycho-Physiological Responses to Plant Variegation as Measured Through Eye Movement, Self-Reported Emotion and Cerebral Activity[J]. *Indoor and Built Environment*, 2017, 26(6): 758-770.
- [18] SONG C, IKEI H, MIYAZAKI Y. Physiological Effects of Forest-Related Visual, Olfactory, and Combined Stimuli on Humans: An Additive Combined Effect[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2019, 44: 126437.
- [19] 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.
- [20] 郭佳瑜. 基于视觉感知的不同植物景观对大学生身心健康影响研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2022.
- [21] XIONG X, JIN H, HU W, et al. Benefits of Jasminum Polyanthum's Natural Aromas on Human Emotions and Moods[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2023, 86: 128010.
- [22] ZHANG W, LIZ, WANG L, et al. Effect of Coriander Plants on Human Emotions, Brain Electrophysiology, and Salivary Secretion[J]. *Biology*, 2021, 10(12): 1283.
- [23] SHUI-HUA, WANG, PREETHA, et al. Intelligent Facial Emotion Recognition Based on Stationary Wavelet Entropy and Jaya Algorithm[J]. *Neurocomputing*, 2018.
- [24] 陈箐, 刘颂. 基于可穿戴传感器的实时环境情绪感受评价[J]. *中国园林*, 2018, 34(3): 12-17.
- [25] MATHÔT S, FABIUS J, VAN HEUSDEN E, et al. Safe and Sensible Preprocessing and Baseline Correction of Pupil-Size Data[J]. *Behavior Research Methods*, 2018, 50(1): 94-106.
- [26] LIN W, CHEN Q, JIANG M, et al. Sitting or Walking? Analyzing the Neural Emotional Indicators of Urban Green Space Behavior with Mobile EEG[J]. *Journal of Urban Health*, 2020, 97.

- [27] ZENG C, LIN W, LI N, et al. Electroencephalography (EEG)-Based Neural Emotional Response to the Vegetation Density and Integrated Sound Environment in a Green Space[J]. *Forests*, 2021, 12: 1380.
- [28] NEALE C, ASPINALL P, ROE J, et al. The Aging Urban Brain: Analyzing Outdoor Physical Activity Using the Emotiv Affectiv Suite in Older People[J]. *Journal of Urban Health*, 2017, 94.
- [29] DU J, CHEN X, LI X, et al. Neuro-Emotions Based on Electroencephalograph Response to Different Color *Ardisia Mammillata* Hance Plants in Elderly People with and Without Cognitive Impairment[J]. *Frontiers in Public Health*, 2022, 10: 955393.
- [30] FENG Y, CHENG X, LU Y, et al. Gas Chromatography-Mass Spectrometry Analysis of Floral Fragrance-Related Compounds in Scented Rose (*Rosa Hybrid*) Varieties and a Subsequent Evaluation on the Basis of the Analytical Hierarchy Process[J]. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2022, 185: 368-377.
- [31] ELI P, JASON G. Orange is the New Green: Exploring the Restorative Capacity of Seasonal Foliage in Schoolyard Trees[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2016, 13(5): 497.
- [32] ZHANG L, DEMPSEY N, CAMERON R. Flowers-Sunshine for the Soul! How Does Floral Colour Influence Preference, Feelings of Relaxation and Positive Up-Lift?[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2023, 79: 127795.
- [33] KAUFMAN A J, LOHR V I. Does Plant Color Affect Emotional and Physiological Responses to Landscapes?[J]. *Acta Horticulturae*, 2004(639): 229-233.
- [34] STIGSDOTTER U K, GRAHN P. Stressed Individuals' Preferences for Activities and Environmental Characteristics in Green Spaces[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2011, 10(4): 295-304.
- [35] ANNA P, DENNIS P, BIRGITTA P, et al. The Journey of Recovery and Empowerment Embraced by Nature — Clients' Perspectives on Nature-Based Rehabilitation in Relation to the Role of the Natural Environment[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2014, 11(7): 7094-7115.
- [36] IKEI H, KOMATSU M, SONG C, et al. The Physiological and Psychological Relaxing Effects of Viewing Rose Flowers in Medical Staff[J]. *Journal of Physiological Anthropology*, 2014, 33: 6.
- [37] SADEK M E, SAYAKA S, FUJII E, et al. Human Emotional and Psycho-Physiological Responses to Plant Color Stimuli[J]. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 2013, 11(3): 1584-1591.
- [38] 方嘉琳. 植物色彩对人的生理及心理恢复性影响研究[D]. 沈阳: 沈阳建筑大学, 2021.
- [39] 袁卿语. 园林植物释放挥发性有机物动态变化特征及其效应研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2022.
- [40] ULRICH R S. Natural Versus Urban Scenes Some Psychophysiological Effects[J]. *Environment and Behavior*, 1981, 13(5): 523-556.
- [41] MOLLER A C, ELLIOT A J, MAIER M A. Basic Hue-Meaning Associations[J]. *Emotion*, 2009, 9(6): 898-902.
- [42] KIM S M, PARK S, HONG J W, et al. Psychophysiological Effects of Orchid and Rose Fragrances on Humans[J]. *Horticultural Science and Technology*, 2016, 34(3): 472-487.
- [43] MAROIS A, CHARBONNEAU B, SZOLOS I A M, et al. The Differential Impact of Mystery in Nature on Attention: An Oculometric Study[J]. *Frontiers in Psychology*, 2021, 12: 759616.
- [44] ZHANG X, GUO J, ZHANG X, et al. Physiological Effects of a Garden Plant Smellscape from the Perspective of Perceptual Interaction[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2023, 20(6): 5004.
- [45] 高翔. “夜花园”中芳香植物的应用手法探析[J]. *中国园艺文摘*, 2015, 31(7): 170.