小叶栀子花叶枝条挥发物成分及其对人体身心健康的影响*

汤景琛 金荷仙 周艳慧 崔 雪 曹 莹

浙江农林大学风景园林与建筑学院 杭州 311300

摘要：小叶栀子作为一种常用的园林植物，开花期间散发着浓郁的香气，具有美化环境、杀菌抗菌以及消炎杀虫等功效，在园艺疗法中具有一定的疗愈作用。为探究嗅闻小叶栀子香气给人体带来的健康效益，通过动态顶空套袋法和 GC-MS 技术采集鉴定小叶栀子花叶枝条挥发物成分，以脑电波、血压和心率作为生理指标，心境状态量表作为心理评估依据开展试验。结果表明：1）盛花期小叶栀子花叶枝条挥发性有机物有 84 种，主要成分为萜烯类物质和酯类物质，一天内小叶栀子挥发物释放总量呈上升趋势，在下午 13∶00—13∶30 挥发物种类（71 种）最丰富；2）小叶栀子挥发物能极显著（$P<0.01$）降低人体收缩压和心率，不显著（$P>0.05$）降低舒张压，不显著（$P=0.05$）提升专注力和反应力，极显著（$P<0.01$）缓解焦虑紧张情绪；3）小叶栀子的健康效益存在性别差异和时段差异，嗅闻小叶栀子花后，女性更能提升专注力、降低心率，男性更能集中思维、降低血压；在下午（13∶00—17∶00）和晚上（18∶00—22∶00）嗅闻小叶栀子花后人体血压降低最显著，下午（13∶00—17∶00）脑电波 θ 波变化最剧烈。因此，小叶栀子花具有良好的人体生理、心理健康恢复效果，建议在学习、工作等场所周围多种植小叶栀子花。

关键词：小叶栀子；挥发物成分；健康效益；生理心理影响；脑电波

DOI：10.12169/zgcsly.2023.06.03.0001

Volatile Components of *Gardenia Jasminoides* J. Ellis and Their Effects on Human Physiological and Psychological Health

Tang Jingchen Jin Hexian Zhou Yanhui Cui Xue Cao Ying

(College of Landscape Architecture and Architecture, Zhejiang Agricultural and Forestry University, Hangzhou 311300, China)

Abstract: As a commonly used ornamental plant, *Gardenia Jasminoides* J. Ellis emits a rich aroma and has functions of such as environment beautification, bacteria killing, inflammation reduction, and insects killing. It also plays a certain therapeutic role in horticultural therapy. In order to explore the specific health benefits of its aroma to the human body, this paper collects and identifies the volatile components of *G. Jasminoides* J. Ellis through dynamic headspace bagging method and GC-MS technology, and carries out experiment using brain waves, blood pressure and heart rate as physiological indicators and mood state scale (POMS) as the psychological base. The results show that: 1) During the blooming period, there are 84 types of volatile organic compounds in *G. Jasminoides* J. Ellis, mainly composed of terpenes and esters. The total amount of volatile compounds released during the day shows an increasing trend, while volatile compounds are the most abundant in type (71 types) between 13 : 00 and 13 : 30 in the afternoon;

收稿日期：2023-06-03

* 基金项目：国家自然科学基金（52278084）；国家自然科学基金（51978626）

第一作者：汤景琛（1996-），女，硕士，研究方向为康复花园的研究与实践。E-mail：191045083@qq.com

通信作者：金荷仙（1964-），女，博士，教授，研究方向为康复花园的研究与实践、植物景观设计、风景园林历史与理论等。E-mail：lotusjhx@zafu.edu.cn

2）The volatile compounds of *G. Jasminoides* J. Ellis can reduce human systolic blood pressure and heart rate significantly（$P<0.01$），insignificantly reduce diastolic blood pressure（$P>0.05$）and improve concentration and reflexes（$P=0.05$），and significantly alleviate anxiety and tension（$P<0.01$）；and 3）There are gender differences and duration differences in the health benefits of *G. Jasminoides* J. Ellis. After smelling the aroma，women can improve their concentration and lower their heart rate，while men can concentrate more and lower their blood pressure. During the afternoon（13：00—17：00）and evening（18：00—22：00），smelling the aroma leads to the most significant decrease in human blood pressure. In the afternoon（13：00—17：00），the θ wave changes the most acutely. It is considered that *G. Jasminoides* J. Ellis has a good effect on the recovery of human physiological and psychological health. It is suggested that *G. Jasminoides* J. Ellis should be planted near the places for such as study and work.

Keywords：*Gardenia Jasminoides* J. Ellis；volatile component；health benefit；physiological and psychological influence；electroencephalogram

全球快速城市化进程导致城市人口密度升高，影响人的身心健康[1]，而城市中的自然环境能改善居民健康。植物在疗愈身心方面存在显著的恢复效益[2-3]，具有降低血压[4]、提升注意力和专注力[5]等生理恢复作用和减轻压力[4]、减缓焦虑[6]、改善情绪状态[7-8]、提升幸福感[9]等心理调节作用。其中，园艺疗法中选用芳香植物在辅助防治某些疾病方面具有良好功效[10]。

以往关于园林植物对人类疗愈作用机理的研究多聚焦于视觉对人体身心健康的影响[11-13]。近几年，越来越多的学者从嗅觉[14-16]、听觉[17-18]等单一感官角度，还从多感官交互的角度探究植物对人类的恢复效益[19-21]。早在 2003 年，金荷仙等[22]首次以活体芳香植株进行试验发现，嗅闻梅（*Prunus mume*）花后人体肌电值有所下降，嗅闻桂（*Osmanthus fragrans*）花后血压、心率和人体温度均呈下降趋势。自此之后，对新鲜芳香植物的健康影响研究逐渐增多。相关研究已证实，新鲜浓郁玫瑰（*Rosa rugosa*）[23]、柳杉（*Cryptomeria japonica* var. *sinensis*）[24]、九里香（*Murraya exotica*）[25]等植物挥发物具有生理、心理的调节作用。当前这些植物挥发物对人体健康影响研究主要从生理指标、心理指标和行为认知指标 3 个方面探讨。Ulrich 等[26]利用心电图（ECG）、脉搏传导间期（PPT）、自发性皮肤传导反应（SCR）、肌张力（EMG）等生理指标证实了自然环境的减压效果。Yamaguchi 等[27]通过唾液淀粉酶活性（SAA）来判断交感神经的活性。其中部分研究发现植物挥发物的助益作用具有性别差异：嗅闻含笑花（*Viburnum macrocephalum*）后能使男性放松，增加女性创造力[28]，紫茉莉花（*Mirabilis jalapa*）对提高女性专注及注意力、降低心率更为显著[29]。但已有研究未从作用机制方面探讨总结。

本文以园林常用花灌木小叶栀子（*Gardenia jasminoides* J. Ellis）作为研究对象，选取血压、心率和脑电波等生理指标，选用大众普适、可信度高的心境状态量表（POMS 量表），开展男女在嗅闻芳香植物时的健康差异研究，以便合理有效种植芳香植物，实现恢复效果最优化，为营造优良的城市绿地恢复性环境提供科学建议。

1　研究方法

1.1　试验材料

小叶栀子为栀子的栽培品种，属于茜草科栀子属落叶灌木，植株较为低矮。花单朵生于枝顶，白色或乳黄色，花香浓郁，花期夏初，养护得当可延长花期。本研究选用生长状态良好的 3 年生盛花期小叶栀子单盆盆栽（冠幅 50 cm，株高 35 cm）作为试验材料。

1.2　试验对象

招募浙江农林大学在校生 30 名（男女比例 1∶1）作为试验对象，要求试验对象身体健康，无重大疾病；不对花粉过敏；试验前 12 h 内未服药，未饮酒、咖啡等刺激感官、影响试验结果的物品；近期未进行高强度体力劳动等刺激神经的活动。

1.3　试验流程

1.3.1　*挥发物成分检测*

利用活体植株动态顶空气体循环采集法采集

盛花期小叶栀子花叶枝条挥发物。将花枝移入惰性采集袋密闭扎紧，用大气采样仪尽可能抽空袋内原有气体，再向袋内充入适量过滤后的空气，最后进行袋内空气循环，将采集管置于采集袋出气口，保证植物 VOCs 吸附，循环采气 30 min，采集完成后将两端采集管密封、低温冷藏存放（图 1）。试验确保早上（8：00—8：30）、中午（13：00—13：30）、晚上（18：00—18：30）3 次选择同一花叶枝条采集。对照组试验选择当日中午（11：30），在原采集点 3 m 范围内空气流通无异味处，用同样步骤重复采集空气。

由 ATD-GC/MS 导出获得不同时段植物挥发物的质谱相对丰度图及总离子流（TIC）图。用 TurboMass 5.4.2 检索软件及 Nist2008 标准谱库对每个样品的质谱图进行检测分析，获得不同时段植物挥发物的种类且保留时间和相对含量。采用峰面积归一化法计算，相对含量等于单一化合物峰面积除以总体化合物峰面积。

1.3.2 嗅闻试验

2021 年 6 月 14—18 日，于浙江农林大学 3 号学院楼一间工作室内（包含 2 个独立小房间），

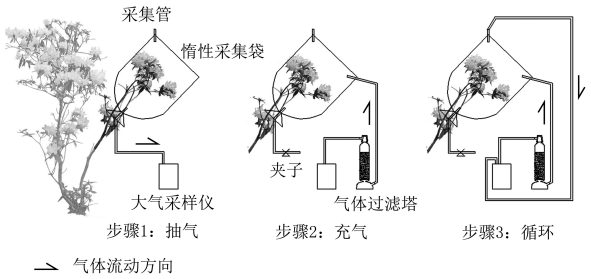


图 1 挥发物采集流程示意图

将被试者随机分为 3 组，每组 5 男 5 女，分别在上午（8：00—12：00）、下午（13：00—17：00）和晚上（18：00—22：00）3 个时间段开展嗅闻试验。让被试者先进入房间 2 进行 10 min 的休息，随后测定血压、心率及注意力水平，并填写 POMS 量表作为试验前的心理评估数据。佩戴脑电仪后再进入试验房间（房间 1），闭眼静坐 30 min[30]，闻香距离保持 0.5~1 m[31]。闻香结束后，再次测定人体的血压、心率、注意力及脑电波等指标数据，并填写 POMS 量表作为测试后的心理评估数据（图 2）。每次试验前后，均对房间进行通风处理，过程中门窗紧闭，防止外界因素干扰。

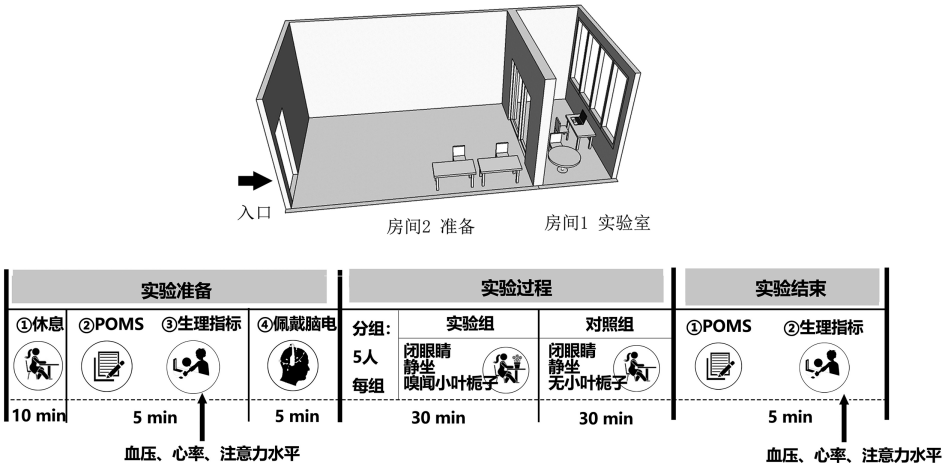


图 2 试验场地与试验流程示意图

1.4 试验仪器及软件

1.4.1 生理指标检测

采用欧姆龙上臂式血压计测量血压、心率，借助 EMOTIV Epoc+无线便携式脑电仪（采样率 256 Hz）检测脑电波（θ 波、α 波、β 波），采样通道包括 AF3、F7、F3、FC5、T7、P7、O1、O2、P8、T8、FC6、F4、F8、AF42 共 14 个通道。试验过程用蓝牙连接到电脑，再用脑电仪配套软件 EMOTIV PRO 进行脑电波记录。

试验结束后，用 MATLAB 软件中的 EEGLAB 插件对原始数据进行预处理（定位通道位置、删除无用通道、滤波、分段、基线校正、重参考、插值坏导、剔除坏段）及筛选，获得相对干净的脑电信号，之后截取每个脑电波第 30~90 s 以及第 1 800~1 860 s 的数据作为试验前后的对比，再进行切片保存。最后通过傅里叶变换将脑电信号从时域转化为

频域，随后进行滤波，提取功率谱密度（PSD）作为脑电特征[32]，最终获得试验前后各脑电波（θ 波、α 波、β 波）的功率谱密度（PSD）。

1.4.2　心理指标检测

POMS 量表可即时检测试验对象的紧张、愤怒、疲劳、抑郁、慌乱、精力及自尊感 7 种情绪指标水平，每个情绪评估分值越高表示此种情绪越强烈。总体情绪紊乱程度（TMD 值）取值为 5 个负面情绪之和减去 2 个正面情绪（精力、自尊感）之和加上常数 100，其结果可以评估个人总体情绪状态，TMD 值越低表示情绪状态越好[33]。

1.5　数据分析

试验采用 EXCEL 汇总所有试验数据，通过 SPSS 24 对试验所得的血压、心率、POMS 数值、脑电波（θ 波、α 波、β 波）进行显著性检验分析，获得嗅闻试验前后数据变化检测结果。所有试验结果以平均值±标准差（X±S）形式表示，显著性检验中，$P<0.05$ 即数据变化差异达到统计学范畴内的显著差异，$P<0.01$ 即数据变化差异达到统计学范畴内的极显著差异。

2　结果与分析

2.1　挥发物成分

将 3 个时间段盛花期小叶栀子花挥发物成分质谱数据进行谱库搜索对比得出，盛花期小叶栀子挥发物成分有 84 种，其中相对含量大于 1%的共 13 种（表 1），3 个时间段内分别鉴定出 91.15%（8∶00—8∶30）、93.53%（13∶00—13∶30）、94.75%（18∶00—18∶30）的挥发物成分，最终得出小叶栀子盛花期挥发物的主要成分为醇类物质（芳樟醇）、萜烯类物质（α-蒎烯、罗勒烯、对薄荷-1，3，8-三烯、α-柏木烯、α-法呢烯）和酯类物质（(-)-乙酸桃金娘烯酯、苯甲酸甲酯、惕各酸异丁酯、茉莉内酯、惕各酸苄酯、顺式-3-己烯醇苯甲酸酯），其中萜烯类物质相对含量占比最高。

表 1　盛花期小叶栀子花叶挥发物主要成分分析

编号	保留时间/min	化合物	分子式	相对含量/%		
				8∶00—8∶30	13∶00—13∶30	18∶00—18∶30
1	8.107	α-蒎烯(α-Pinene)	$C_{10}H_{16}$	1.51	0.12	0.19
2	10.003	(-)-乙酸桃金娘烯酯((-)-Myrtenyl acetate)	$C_{12}H_{18}O_2$			1.04
3	11.313	罗勒烯((E)-β-ocimene)	$C_{10}H_{16}$	19.59	22.25	24.14
4	12.409	苯甲酸甲酯(Methyl benzoate)	$C_8H_8O_2$	10.99	5.45	5.79
5	12.839	芳樟醇(Linalool)	$C_{10}H_{18}O$	23.67	30.80	35.24
6	13.299	对薄荷-1,3,8-三烯(1,3,8-p-Menthatriene)	$C_{10}H_{14}$		3.00	3.84
7	17.796	双环己烷(1,1′-Bicyclohexyl)	$C_{12}H_{22}$	4.60	5.05	3.33
8	17.891	惕各酸异丁酯(Isobutyl Tiglate)	$C_9H_{16}O_2$	1.12	1.04	0.40
9	19.862	α-柏木烯(α-Cedrene)	$C_{15}H_{24}$	1.64	2.10	0.57
10	21.318	茉莉内酯(Jasmine lactone)	$C_{10}H_{16}O_2$	1.21	1.11	0.71
11	21.473	惕各酸苄酯(Benzyl tiglate)	$C_{12}H_{14}O_2$	1.31	0.41	0.26
12	21.713	α-法呢烯(a-Farnesene)	$C_{15}H_{24}$	13.55	11.17	8.64
13	22.944	顺式-3-己烯醇苯甲酸酯(cis-3-Hexenyl benzoate)	$C_{13}H_{16}O_2$	0.71	0.81	1.00

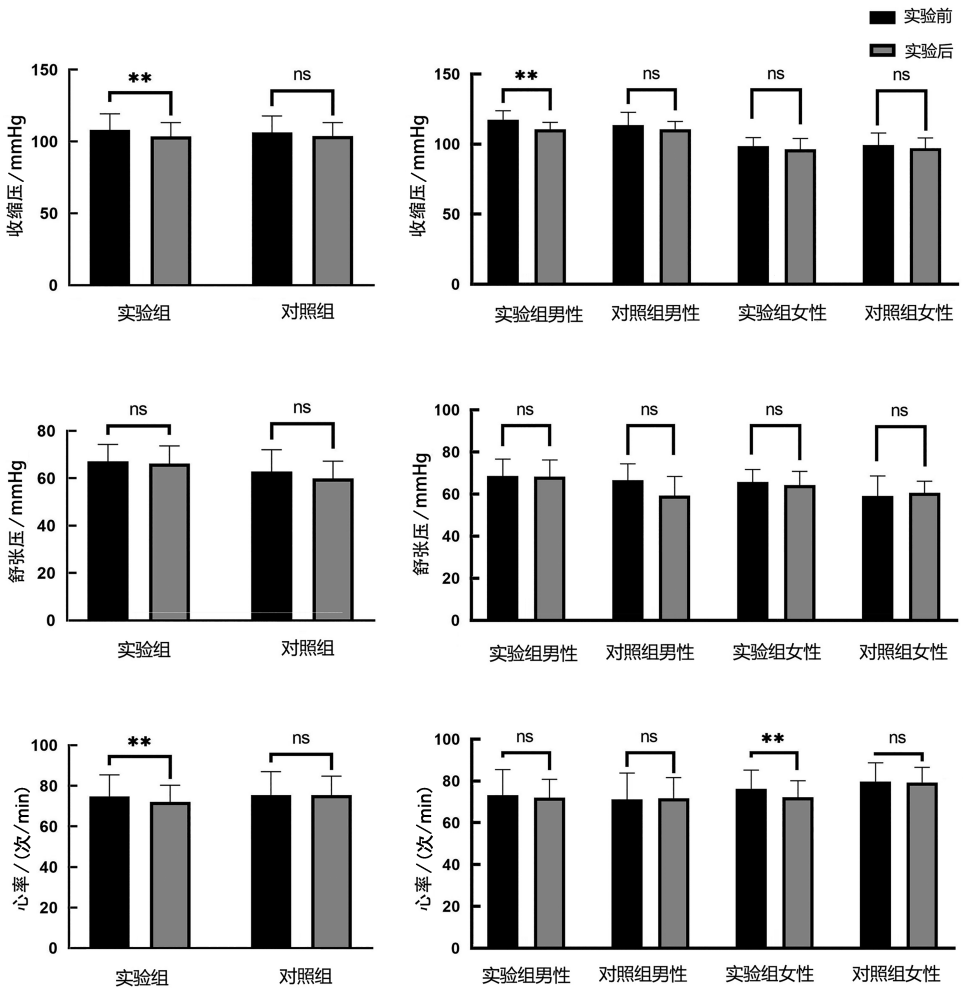
2.2　挥发物成分日动态变化规律

研究显示：在 2~28 min 保留时间段，具有较多挥发物成分分子被检出，而其不同时间段内的挥发物总量、成分都发生了变化。上午（峰面积 7.55×10^9 mAu/min）、下午（峰面积 1.41×10^{10} mAu/min）、晚上（峰面积 1.62×10^{10} mAu/min）时间段内小叶栀子的挥发物总量呈现上升趋势，上午（44 种）、下午（71 种）、晚上（62 种）的挥发物种类呈现先上升后下降趋势。结合表 1 含量在 1%以上的数据表明，盛花期小叶栀子的挥发物释放量从早上到晚上呈现总体上升趋势，但其挥发物的主要成分没有发生很大变化。

2.3　嗅闻前后生理心理指标变化

2.3.1　血压和心率变化

由图 3 可知：被试者嗅闻盛花期小叶栀子后收缩压均呈极显著下降（$P<0.01$），平均下降 4.600 mmHg，舒张压下降但未达到显著效果（$P>0.05$）；心率均呈极显著下降趋势（$P<0.01$），平均下降 2.733 次/min。这表明嗅闻小叶栀子能达到降低血压和心率的效果。男性被试者嗅闻后收缩压呈极显著下降（$P<0.01$），平均下降 6.800 mmHg；女性被试者嗅闻后心率则呈极显著下降（$P<0.01$），平均下降 4.133 次/min，其他指标与对照组相比均不显著（$P>0.05$）。



注：ns 代表 $P>0.05$，* 代表 $P<0.05$，** 代表 $P<0.01$；下同。

图 3 嗅闻小叶栀子前后人体血压和心率变化

不同时段被试者嗅闻 30 min 盛花期小叶栀子后收缩压从上午的不显著降低（$P>0.05$）转变为下午和晚上的极显著下降（$P<0.01$），与对照组相似，表明嗅闻后降低收缩压作用具有时段差异，下午和晚上效果更强；全部被试者舒张压压差上午和下午的均不显著（$P>0.05$）到晚上则呈显著下降（$P<0.05$），表明小叶栀子降低舒张压的作用随一天的时间变化逐渐加强。另外，嗅闻小叶栀子对降低心率无明显时段差异。

2.3.2 总体情绪紊乱程度变化

根据分析结果，嗅闻小叶栀子后被试者 TMD 值呈极显著下降（$P<0.01$），其中紧张、愤怒、疲劳、抑郁、慌乱得分极显著下降（$P<0.01$）；精力得分极显著上升（$P<0.01$）；自尊感得分上升，但变化不显著（$P>0.05$）。由此可见，嗅闻小叶栀子有利于调节情绪，提高愉悦度。

从不同性别被试者的测试结果来看，男性紧张、慌乱、愤怒情绪得分降低，疲劳、抑郁得分显著下降（$P<0.05$），精力、自尊感得分上升；女性紧张、慌乱、愤怒等负面情绪因子得分均显著下降（$P<0.05$），精力极显著提高（$P<0.01$），自尊感有所上升但变化不显著（$P>0.05$）。由此可见，小叶栀子对不同性别被试者的心理健康影响差异不明显。

2.3.3 脑电波变化

α 波体现人的放松状态，β 波主要反映人的注意力、认知与精神活动，θ 波则表示精神是否疲倦。如图 4 所示，被试者嗅闻盛花期小叶栀子后 β 波显著上升（$P<0.05$），α 波上升，θ 波下降，但变化不显著（$P>0.05$），表明专注力和反应力明显提升，精神得到恢复。其中：男性被试者嗅闻盛花期小叶栀子后 θ 波呈极显著下降（$P<$

0.01），表明思维集中，α 波、β 波均下降，但变化不显著（$P>0.05$）；女性被试者嗅闻后 β 波呈显著上升（$P<0.05$），有助于提升积极的注意力，θ 波、α 波上升，但变化均不显著（$P>0.05$）。

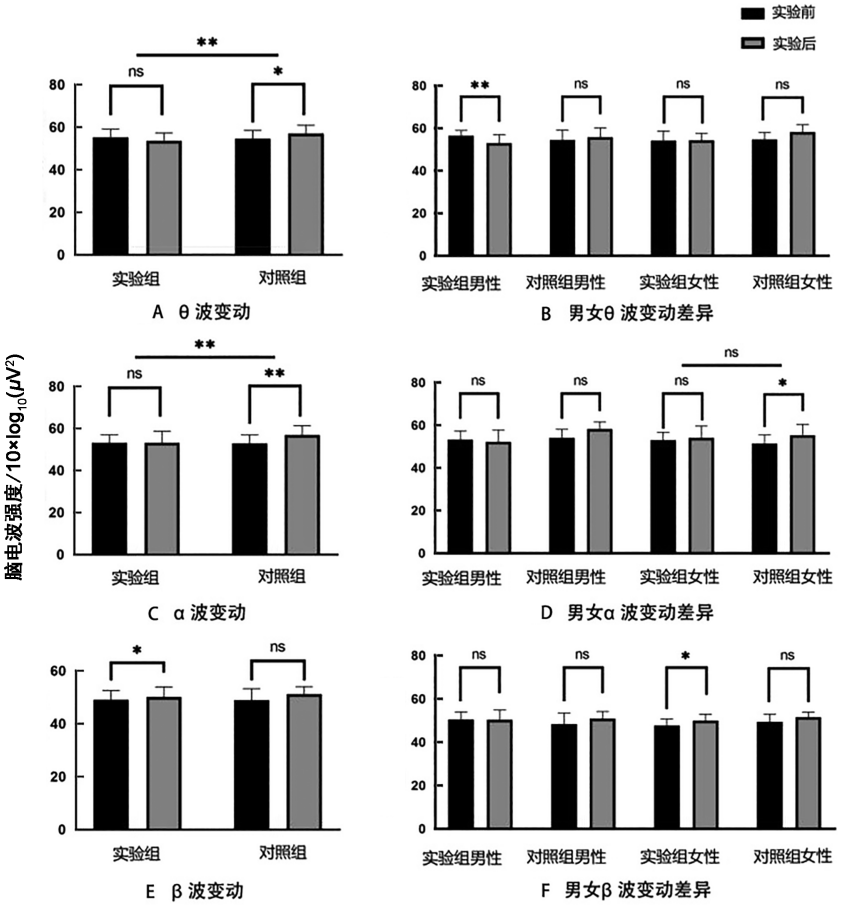


图 4　嗅闻小叶栀子前后脑电波指标变化

全部被试者嗅闻后 θ 波差值呈上升趋势，下午显著性最强，对照组则为轻微上升，表明盛花期小叶栀子挥发物变化具有时段差异，下午具有强集中思维作用。全部被试者嗅闻后 α 波和 β 波变化值较为平稳，对照组变化也较小，且没有任何时段呈显著变化，表明盛花期小叶栀子对大脑 α 波和 β 波没有明显时段影响。总结试验数据发现，嗅闻盛花期小叶栀子具有一定时段变化，下午 θ 波变化极显著，表明挥发物作用在下午相对更强。

嗅闻前后大脑频谱图如图 5A 所示：被试者嗅闻后 β 波频率显著高于试验前（$P<0.05$），且整体脑电频率波动更加稳定。对比试验前后脑电强度（图 5B）发现，试验后大脑额叶区活动维持，其他区域活动都下降。β 波在额叶与顶叶比较明显，脑电地形图变化整体下降，但额叶区保持不变，基本能做到和试验数据结果吻合。

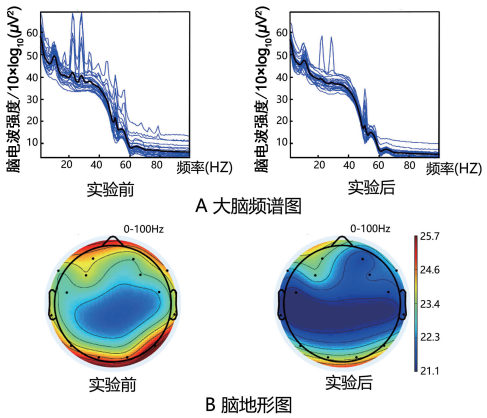


图 5　嗅闻小叶栀子前后大脑频谱图和脑电地形图

3　讨论

3.1　小叶栀子的挥发物成分及动态变化

小叶栀子盛花期花叶枝条挥发物的主要成分为芳樟醇（23.67%～35.24%）、罗勒烯（19.59%～24.14%）。其中芳樟醇具有强大药理作用，能消

炎杀菌、抗抑郁[34]。对狭叶栀子（*Gardenia stenophylla*）[25]、大花栀子（*Gardenia Jasminoides*）[35]的研究中同样得出罗勒烯、芳樟醇均为其主要成分之一，推测这两种物质可能为栀子属花香成分的共有物质。挥发物释放总量一天内呈现上升趋势，挥发物种类在下午最丰富，推测可能是因为小叶栀子为喜光植物，其花朵开放受到光照影响较大。相关研究表明，小叶栀子花蕾大小及花开程度都随着遮光率增加而降低，并且其香气挥发物成分种类也会随遮光率增加而减少[36]。挥发物采集时期光线条件较好，故随光线照射时间增加，花朵开放程度增大，挥发物释放增加。

3.2 嗅闻小叶栀子的健康效益

嗅闻小叶栀子花叶枝条后，全部被试者舒张压、收缩压和心率都呈显著下降，脑电波 β 波显著上升，而 θ 波和 α 波下降，表明小叶栀子具有调节、恢复人体生理健康的作用。生理试验结果表明嗅闻小叶栀子会抑制大脑困倦，心理测试结果显示嗅闻后可以一定程度缓解焦虑状态，缓解紧张、疲劳等负面情绪。试验前后脑电地形图中前额区、颞叶区、枕叶区活动变化较大，芳香物质的健康作用可能与这些区域的大脑功能有一定关联。其中由气味引起的短暂情绪会牵动大脑在嗅觉处理、情绪行动区域的神经系统区域，从而影响静态下的大脑连接[37]。所以大脑的嗅觉系统感觉输入是有经验性可塑性的，这可能是因为嗅觉与负责大脑感觉和食欲等本能方面的边缘系统紧密相连[38-40]。以狭叶栀子为材料，发现嗅闻 5 min 后对人体生理影响不显著[25]，与本试验 30 min 嗅闻时长得出的结论相比，可能未达到芳香物质发挥显著效用的最低时长；而嗅闻常绿钩吻藤（*Gelsemium sempervirens*）10 min 左右，就能对人体放松效果达到最佳[39]。由此可得出嗅闻芳香植物的健康效益还存在时长要求。

3.3 嗅闻小叶栀子的性别差异

小叶栀子挥发物更能抑制男性 θ 波，提升女性 β 波，表明小叶栀子对男性具有更强的缓解疲劳，振奋精神作用，对女性更具有提升警觉性和注意力作用。通过分析脑电波数据发现女性脑电波上升比男性明显，推测小叶栀子芳香型恢复性环境对女性大脑的影响更强，可能是由于女性大脑中的嗅觉神经细胞比男性多 50%，嗅觉敏感度会优于男性[41]。有研究还发现男性的血压变化比女性更显著，而女性会表现出更大的心率变化[42]，这与嗅闻小叶栀子女性更能降低心率、男性更能降低血压的结论一致。研究表示，狭叶栀子的心理情绪恢复价值对男性来说更强[25]，嗅闻柏科植物对男性心血管系统的作用比女性更显著[43]，综合本试验结果，不同性别被试者嗅闻芳香植物会产生不同反应，具体原因还有待进一步研究探讨。

3.4 不同时段嗅闻小叶栀子的影响与挥发物的关系

人体血压本身会由于情绪状态、环境因素、身体活动等变化存在波动[44-45]。与对照组相比，被试者的血压在下午和晚上都有显著下降的趋势，表明在这两个时间段中嗅闻小叶栀子花对降低血压有良好的助益作用。而脑电波中的 θ 波在下午变化最显著，表明嗅闻小叶栀子对于降低血压和 θ 波具有时段动态变化，可能与其挥发物总量和种类变化相关。其中的萜类化合物具有消除紧张、令人感到舒适等良好的生理活性[35]，芳樟醇可镇静催眠、抗焦虑[33]，这都与嗅闻小叶栀子实验结果相吻合。小叶栀子挥发物的释放量在中午和晚上相对较高，说明嗅闻小叶栀子对人体的健康作用与其相对含量起伏波动相关。

3.5 展望

本试验选取了单一植物进行室内嗅闻，而城市园林绿地中较少营造单一的芳香植物景观类型，未来可对芳香植物组合进行户外试验，探讨当环境中某种植物的香气占主导作用时，环境的整体恢复性效益与单种植物试验结论是否具有一致性。其次，大学生是本试验的唯一受试群体，样本具有片面性，未来可选择更多年龄段、更多工作生活环境或条件存在差异的群体。虽然萜烯类和酯类物质已被证实具有较强的改善人体身心健康作用，但暂未确定其影响主要来自药理作用还是心理作用，最低有效浓度也尚未界定，未来可结合人群的主客观指标深入了解，明确植物挥发物对健康的影响来源，这对建设城市恢复性环境、营造气味景观、加强园艺疗法在公众生活中的应用具有重要意义。

4　结论

小叶栀子具有良好的人体生理、心理健康效益，能降低血压和心率，提高思维能力，改善情绪。其作用受性别和时段影响，对男性具有更强的精神集中作用，对女性更针对于专注力和反应力的提升；其挥发物在下午释放量最多，健康恢复效益最佳。基于研究结果，小叶栀子有较好的缓解紧张焦虑情绪、提高精力的作用，适合种植在在学习、工作等场所周围以营造小型芳香节点。

参考文献

[1]赵一帆,潘芝颖,胡乃文,等.城市化与精神健康的关系:经典假设、挑战与研究趋势[J].中国临床心理学杂志,2022,30(4):876-882.

[2]HARTIG T, EVANS G W, JAMNER L D, et al. Tracking restoration in natural and urbanfield settings [J]. Journal of Environmental Psychology,2003,23(2):109-123.

[3]ELSADEK M,LIU B Y,LIAN Z F,et al.The influence of urban roadside trees and their physical environment on stress relief measures:A field experiment in Shanghai[J].Urban Forestry & Urban Greening,2019,42:51-60.

[4] YIN J, YUAN J, ARFAEI N, et al. Effects of biophilic indoor environment on stress and anxiety recovery: A between-subjects experiment in virtual reality[J].Environment International,2020,136:105427.

[5]GRASSINI S,REVONSUO A,CASTELLOTTI S,et al.Processing of natural scenery is associated with lower attentional and cognitive load compared with urban ones [J]. Journal of Environmental Psychology,2019,62:1-11.

[6]BEIL K, HANES D.The influence of urban natural and built environments on physiological and psychological measures of stress:A pilot study[J].International Journal of Environmental Research and Public Health,2013,10(4):1250-1267.

[7]GIDLOW C J,JONES M V,HURST G,et al.Where to put your best foot forward: psycho-physiological responses to walking in natural and urban environments [J]. Journal of Environmental Psychology,2016,45:22-29.

[8]TAKAYAMA N,KORPELA K,LEE J,et al.Emotional,restorative and vitalizing effects of forest and urban environments at four sites in Japan[J].International Journal of Environmental Research and Public Health,2014,11(7):7207-7230.

[9]BRANCATO G, VAN HEDGER K, BERMAN M G, et al. Simulated nature walks improve psychological well-being along a natural to urban continuum [J]. Journal of Environmental Psychology,2022,81:101779.

[10]何黎黎,龚普阳,封玥,等.中药在抗新型冠状病毒肺炎(COVID-19)引起的细胞因子风暴中的应用分析[J].中草药,2020,51(6):1375-1385.

[11]REKOW D,BAUDOUIN J Y,DURAND K,et al.Smell what you hardly see:odors assist visual categorization in the human brain[J]. NeuroImage,2022,255:119181.

[12] LEE J. Experimental study on the health benefits of garden landscape[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health,2017,14(7):829.

[13] ELSADEK M, JO H, SUN M K, et al. Brain activity and emotional responses of the Japanese people toward trees pruned usingsukashi technique[J].International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology,2013,6(3):465.

[14]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.

[15]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.

[16]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.

[17]BA M H,KANG J.Effect of a fragrant tree on the perception of traffic noise [J]. Building and Environment, 2019, 156: 147-155.

[18]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.

[19]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.

[20] ZHAO J W, HUANG Y D, WU H, et al. Olfactory effect on landscape preference [J]. Environmental Engineering and Management Journal,2018,17(6):1483-1489.

[21]JIANG S L,DENG L,LUO H,et al.Effect of fragrant primula flowers on physiology and psychology in female college students: An empirical study [J]. Frontiers in Psychology, 2021, 12: 607876.

[22]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.

[23] IGARASHI M, SONG C, IKEI H, et al. Effect of olfactory stimulation by fresh rose flowers on autonomic nervous activity[J]. Journal of Alternative and Complementary Medicine, 2014, 20(9):727-731.

[24]SAKAMAKI S,KOFUJTA H,SUGAWARA M.Effect of odors from *Cryptomeria japonica* essential oils on human electroencephalogram[J].Aroma Research,2013,14:64-71.

[25]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.

[26]ULRICH R S,SIMONS R F,LOSITO B D,et al.Stress recovery

during exposure to natural and urban environments[J].Journal of Environmental Psychology,1991,11(3):201-230.

[27]YAMAGUCHI M,KANEMORI T,KANEMARU M,et al.Performance evaluation of salivary amylase activity monitor[J].Biosensors and Bioelectronics,2004,20(3):491-497.

[28]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.

[29]熊川.四种芳香植物挥发物对大学生身心干预效应研究[D].杭州:浙江农林大学,2021.

[30]王晴艺.四种芳香植物挥发物成分分析及其对人体身心健康的影响研究[D].杭州:浙江农林大学,2021.

[31]李淑颖,徐建华,任晓亮,等.薰衣草精油嗅吸法介导的人体脑电图动态响应[J].上海交通大学学报(农业科学版),2014,32(1):6-10,22.

[32]SARMA P,BARMA S.Emotion recognition by distinguishing appropriate EEG segments based on random matrix theory[J].Biomedical Signal Processing and Control,2021,70:102991.

[33]迟松,林文娟.简明心境量表(BPOMS)的初步修订[J].中国心理卫生杂志,2003,17(11):768-770,767.

[34]姜冬梅,朱源,余江南,等.芳樟醇药理作用及制剂研究进展[J].中国中药杂志,2015,40(18):3530-3533.

[35]薛丹,哀建国,高岩,等.大花栀子植物挥发物成分测定及其日变化分析[J].广西植物,2012,32(4):551-556.

[36]杨吉龙,尹陈茜,谭君,等.遮光处理对两种观赏栀子开花特性及挥发物的影响[J].西北植物学报,2020,40(11):1940-1950.

[37]CARLSON H,LEITÃO J,DELPLANQUE S,et al.Sustained effects of pleasant and unpleasant smells on resting state brain activity[J].Cortex,2020,132:386-403.

[38]JO H,RODIEK S,FUJII E,et al.Physiological and psychological response to floral scent[J].HortScience,2013,48(1):82-88.

[39]熊胙,金荷仙,黄倩.盛花期常绿钩吻藤挥发物日动态变化及其对人体生理心理健康的影响[J].中国园林,2022,38(8):117-122.

[40]XIONG X,JIN H X,HU W H,et al.Benefits of *Jasminum polyanthum*'s natural aromas on human emotions and moods[J].Urban Forestry & Urban Greening,2023,86:128010.

[41]OLIVEIRA-PINTO A V,SANTOS R M,COUTINHO R A,et al.Sexual dimorphism in thehuman olfactory bulb:females have more neurons and glial cells than males[J].PLoS One,2014,9(11):e111733.

[42]ALLEN M T,STONEY C M,OWENS J F,et al.Hemodynamic adjustments to laboratory stress:the influence of gender and personality[J].Psychosomatic Medicine,1993,55(6):505-517.

[43]LI H,SONG X H,LIU X,et al.The human physiological response to volatiles from *Juniperus chinensis* cv. *kaizuka* and *Pistacia chinensis* Bunge[J].BioResources,2014,9(4):6669-6681.

[44]黄静.健康教育联合心理干预对老年高血压患者负性情绪及血压水平、生活质量的影响[J].中国老年学杂志,2018,38(13):3099-3102.

[45]魏钰,董知洋,虞雯,等.四种不同园艺疗法活动对孤寡老人的身心健康效益研究[J].西北大学学报(自然科学版),2020,50(6):923-933.