

基于生理与心理的两种常见观赏植物叶片触觉感知研究

Physiologically and Psychologically Based Tactile Perception of the Leaves of Two Common Ornamental Plants

贾 婕 王旭东*

JIA Jie WANG Xudong*

(华北水利水电大学人居科学与设计学院, 郑州 450045)

(School of Human Settlements, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou, Henan, China, 450045)

文章编号: 1000-0283(2026)01-0108-08

DOI: 10.12193/j.laing.20250526003

中图分类号: TU986

文献标志码: A

收稿日期: 2025-05-26

修回日期: 2025-08-21

摘 要

触觉感知作为植物景观感知与体验的有效手段, 对于人类健康疗愈方面具有促进和改善作用。然而, 针对不同叶片类型的触觉感知效应研究仍相对匮乏。分别选取无毛植物(圆叶椒草)与有毛植物(天竺葵)两种叶表面类型的常见观赏植物叶片为研究对象, 探究触摸不同叶片类型所引起的人体生理与心理反应差异。通过触觉感知体验, 收集受试者的生理指标(脑电活动和心率变异性)并结合语义差异法对主观感受进行量化评价, 从客观和主观两方面对叶片触觉感知进行综合分析。结果表明, 触摸无毛与有毛叶片在脑电和心率变异性指标上均存在显著差异。触摸无毛圆叶椒草叶片可显著提升脑电 α 波功率, 心率变异性指标显著提升, 带来更愉悦放松的情绪反应; 触摸有毛天竺葵叶片则显著提升 γ 波功率, 更能激发受试者的注意力和探索欲望。不同性别和年龄组受试者的脑电指标差异不显著。主观评价结果表明, 无毛植物圆叶椒草叶片在触觉舒适度和情绪一致性方面得分更高, 减轻焦虑感, 而有毛植物天竺葵叶片由于表面特征复杂, 更容易让人产生焦虑和受刺激的主观感受, 导致较明显的情感波动。综上, 不同质地植物叶片的触觉刺激会引发不同的生理心理反应; 无毛的圆叶椒草叶片带来更放松愉悦的触觉体验, 有毛的天竺葵叶片则引发更强的情绪波动和探索欲。研究结果期望为家庭园艺活动中的观赏植物触觉感知和体验及盲人花园植物选取方面提供研究思路与参考。

关键词

观赏植物; 叶片; 触觉感知; 生理反馈; 情感反应

Abstract

Tactile perception, as an effective means of perceiving and experiencing plant landscapes, plays a role in promoting and improving human health. However, research on the tactile perception effects of different leaf types remains relatively scarce. Common ornamental plant leaves with two types of leaf surfaces, namely hairless plants (*Peperomia obtusifolia*) and hairy plants (*Pelargonium hortorum*), were selected as research objects to explore the differences in human physiological and psychological responses caused by touching different leaf types. Gather physiological indicators, such as electroencephalogram activity (EEG) and heart rate variability (HRV), through tactile perception experiences. Employ the semantic differential method for a quantitative evaluation of subjective feelings. Conduct a comprehensive analysis of leaf tactile perception, integrating both objective and subjective dimensions. The results showed that there were significant differences in EEG and HRV indices between touching hairless and hairy leaves. Touching the hairless leaves of *Peperomia obtusifolia* could significantly enhance the power of EEG alpha waves and HRV indices, leading to more pleasant, relaxing emotional responses. In contrast, touching the hairy leaves of *Pelargonium hortorum* could significantly increase the power of gamma waves, which was more likely to stimulate the subjects' attention and exploration desire. No significant differences were observed in EEG indices across different genders and age groups. Subjective evaluations revealed that the leaves of the hairless plant *Peperomia obtusifolia* scored higher for tactile comfort and emotional consistency, effectively alleviating anxiety. Conversely, the complex surface of the hairy plant *Pelargonium hortorum* tended to provoke anxiety and irritation, resulting in more pronounced emotional fluctuations. In summary, tactile stimulation of plant leaves with different textures can trigger distinct physiological and psychological responses. The hairless leaves of *Peperomia obtusifolia* offer a more relaxing, pleasant tactile experience. In contrast, the hairy leaves of *Pelargonium hortorum* induce more substantial emotional fluctuations and a stronger urge to explore. The research findings are expected to provide ideas and references on tactile perception and experience of ornamental plants in home gardening activities and on the selection of garden plants for the blind.

Keywords

ornamental plants; leaf; tactile perception; physiological feedback; emotional response

贾 婕

1999年生/女/河北石家庄人/在读硕士研究生/研究方向为风景园林规划设计

王旭东

1986年生/男/河南开封人/博士/讲师/研究方向为园林植物群落及绿地生态

*通信作者 (Author for correspondence)

E-mail: wangxudong@ncwu.edu.cn

基金项目:

华北水利水电大学硕士研究生创新能力提升工程项目创新课题“基于生理反馈的常见观赏植物叶片触觉感知分析”(编号: NCWUYC202416094)

当下的社会人工建成环境可能给人类的生活与健康带了各种各样的精神压力。观赏植物在人居环境健康方面扮演重要角色，以其形态、色彩、芳香、声音、质感等载体，对人类的生理、心理及精神方面具有积极促进作用^[1-2]。园艺疗法作为补充和替代医学中的一项不可或缺的有效手段，经常被用于休养花园、感官花园、盲人花园等领域^[3]。园林植物的疗愈途径和手段可以通过视觉、听觉、嗅觉、触觉等感官实现^[3-8]。尽管触觉在人类情感中扮演了很重要的角色，但是关于触觉感官方面的研究并不多。

皮肤是唯一能识别真实世界的感觉器官^[9]，有时也被称为“第三个大脑”^[10]，在人类情感中扮演很重要角色，触觉和情绪之间也存在很密切的关系^[11]。皮肤接触不同的表面可以唤起感官和情绪反应^[12-13]，包括积极与消极情绪、触摸影响偏好、健康和满意度^[14]。尽管触觉在人类情感中扮演了很重要的角色，但是关于触觉感官方面的研究并不多。目前，触觉感知相关的研究主要集中在以下几个方面。

(1) 触觉感知材料方面。触摸不同的材料会产生不同的感知感受及情绪变化，主要集中在大自然材料与人工材料两个方面。Miyazaki^[15-16]指出触摸木头会给人一种放松的感觉，而触摸金属则会引起压力反应。Morikawa^[17]等发现日本柏木和人造板对血压的影响不同。Sakuragawa^[18]等发现不同温度条件下的木材触觉刺激（寒冷、室温和温暖的材料）如何影响人体的生理反应。在植物材料触觉感知方面，相关研究还相对比较匮乏。Lee^[19]等通过触摸不同高度的草坪草，结果证实自然刺激对人体生理活动有积极影响。Koga^[20]等研究触摸日本雪松不同厚度的树干，初步证实了触摸活植物给人们一种舒适和放

松的感觉。Koga与Iwasaki^[21]通过植物叶片与其他材质类型的刺激比较，结果表明自然的刺激表现出相同的生理平静感。Kim^[22]等通过研究手脚触摸天竺葵、原木硬木、苔藓等5种自然元素的方式接受触觉刺激，证实天然园艺元素的触觉刺激通过平静前额叶皮层的活动来诱导生理稳定性和减轻压力。以上相关研究结果表明，植物材料在情绪调节方面具有积极的促进作用。

(2) 触觉感知对象。不同人群类型的触觉感知可能存在差异。Hassan等^[23-24]通过触摸真草和人造草，探究其对中国女性以及老年人心理生理的积极影响，结果表明对自然的触觉接触（如触摸真草）可以改善女性及老年人的心理生理状态，有利于人们舒缓情绪与放松。触摸真草不仅会使 α 和 γ 活动增加，人体内收缩压和舒张压也有所下降，使人更加放松。Du^[25]指出，在不同的热环境条件下，老年人在接触植物材料时会感到自然、愉悦、放松和舒适。Kim^[26]等研究了年轻人对于不同叶片类型的触觉感知，并分析了性别之间的差异性，指出女性对于光滑和柔软的植物更为敏感。

(3) 触觉感知研究方法。包括定性描述与定量研究两方面。主要通过问卷、访谈以及打分等主观评价方法，结合近红外光谱（fNIRS）^[21,26]、脑电^[22]、血压、皮肤电与心率等^[23-24]神经医学交叉等研究方法，评价人类接触植物叶片的心理和生理效应。

触摸植物能很好地改善情绪已经得到学者的普遍证实，但触摸感知经常受到表面材质、质感及肌理特征的影响，皮肤接触不同的表面可能会唤起不同的感官和情绪反应^[24]。由于植物种类的不同，植物叶片等器官表面特征存在差别，不同质感的植物触觉感知方面的研究还比较匮乏。因此，本研究依据

植物叶片表面特征，选取无毛植物（圆叶椒草）、有毛植物（天竺葵）两种不同质感的植物类型，模拟触感体验，通过生理指标评估包括脑电图活动及心率变异性指标，结合主观感受和情绪反馈，全面系统地剖析触摸无毛与有毛两种观赏植物叶表面类型下的触觉感知。研究结果揭示了植物叶表面特征对人类触觉体验和情感反应的潜在影响，为进一步理解自然触觉与情感联结提供重要的实验数据支持，将有助于在风景园林设计及植物应用、五感花园、盲人花园以及园艺疗法等领域的有效利用。

1 研究对象与方法

1.1 刺激材料及被试者

植物的触感来源于茎干、叶片和花朵等不同器官的表面纹理和质感。研究对象选取家庭园艺活动中较为常见的观赏植物。实验材料分别为圆叶椒草（*Peperomia obtusifolia*）与天竺葵（*Pelargonium hortorum*）。在植物形态学上，Ahmad^[27]指出毛被是重要的解剖特征，可用于界定种属。圆叶椒草是一种原产热带美洲的常见观叶植物，其叶片厚实肥厚、椭圆形且深绿色，根据Kim^[26]研究中关于植物叶型研究的分类，圆叶椒草的叶片具有显著的蜡质层，触感光滑，为无毛型叶片。相比之下，《中国植物志》^[28]描述天竺葵的叶片两面均“被透明短柔毛”，其叶表面呈绒毛状，为有毛型叶片。两种植物叶片分别属于无毛和有毛两种不同类型叶表面类型。圆叶椒草常被用作室内盆栽或地被植物，是典型的观叶植物。天竺葵则是最常见的园艺草花之一，在全国（中国）各地都普遍栽培。两种植物在室内外园艺中具有代表性，同时在叶面有无茸毛这一性状上具有明显差异，便于对比研究。为了确保实验的准确性，避免叶片边

缘、厚度、软硬与质地等因素对触觉感知的干扰,参考Koga^[20]等的实验方法,将植物叶片摘下后,压制在6 cm×12 cm的长方形卡纸框中,中部留出一个3 cm×4 cm的方形窗口,形成平面样品(图1)。确保被试仅接触目标区域,每次实验后,均对实验样品进行质量检查,若叶片出现破损或明显干燥,则立即更换为新鲜叶片,以维持触觉刺激的稳定性和一致性。

研究招募了包括60名被试者,其中男性30人,女性30人。涉及三个年龄段,青年(18~34岁,25.30±4.57岁)、中年(35~55岁,45.10±5.48岁)和老年人(56岁及以上,61.15±3.94岁)^[29-30]分别各20人,每个年龄段中男女平均分布,(男性44.10±16.28岁,女性43.60±14.94岁)。被试者主要由高校在校学生,教职工及其家属,退休教师及学校后勤保障工作人员构成。所有被试者在实验前均经过健康筛查,且在实验前一天内未饮酒、抽烟或服用神经活性药物,实验前两小时内未进行剧烈运动,精神状态良好。实验场地选在大学校内的实验室,实验在恒温恒湿实验室(28±1℃,相对湿度50%±5%)内进行,光照强度控制在50~100 lux以降低视觉干扰,背景噪声≤40 dB。

1.2 实验方法与过程

1.2.1 生理反馈实验方法及指标选取

(1) 脑电(EEG)测试。EEG作为一种准确、无创且不会引起被试疲劳的测量方法,已被广泛应用于研究视觉、听觉、嗅觉、触觉等感官刺激的影响,以及压力、焦虑和其他精神状态的诊断^[31]。脑电数据与人的情绪、认知符合和应激反应等生理心理状态有着密切的关系。与触觉感知相关的自然区主要包括中央后回(Postcentral Gyrus, PoCG)、

顶下小叶(Inferior Parietal Lobule, IPL)、缘上回(Supramarginal Gyrus, SMG)、中央前回(Precentral Gyrus, PrCG),以及颞上回(Superior Temporal Gyrus, STG)。功能区位于初级躯体感觉皮层(Primary Somatosensory Cortex, SI);次级躯体感觉皮层(Secondary Somatosensory Cortex, SII);初级运动皮层(Primary Motor Cortex, MI);次级运动皮层(Secondary Motor Cortex, MII)^[32-34]。实验选取11个与触觉感知直接相关电极通道:Fz、F3、F4(F=frontal,额;z=中线;奇数=左半球,偶数=右半球)、Cz、C3、C4(C=central,中央)、Pz、P3、P4、P7、P8(P=parietal,顶),覆盖到额区、中央区与顶部三个脑部分区。脑电(EEG)数据通过16通道便携式水电极脑电仪(单通道采样率1 024 Hz)记录。实验主要针对α波(8~13 Hz)与γ波(30~100 Hz)两个波段进行分析,分别反映情绪放松与认知激活状态。

(2) 心率变异性(HRV)测试。HRV是评估自主神经系统对心脏节律调控功能的重要指标,自主神经系统包括交感神经和副交感神经。HRV可以无创地反映交感神经和副交感神经的活动状态及其平衡性。触觉刺激可能引发轻度应激或情绪唤醒,HRV可灵敏捕捉此类细微的自主神经反应,其变化对于检测应激反应极为敏感。实验选择RMSSD(相邻正常心搏周期差值的均方根)、SDSD(相邻正常心搏间RR间期差异的标准差)作为研究心率变异性的指标,能够快速捕捉到自主神经系统对实验条件的即时反应。

本研究采用ErgoLAB 3.0人机环境同步平台(北京津发科技)采集多模态生理信号,该平台在建筑与风景园林等环境感知的人因研究中得到了广泛应用^[35-36],本研究选取EEG与HRV模块对被试者的生理指标进行监测。根据实验设计,将实验划分为触摸有毛叶片和

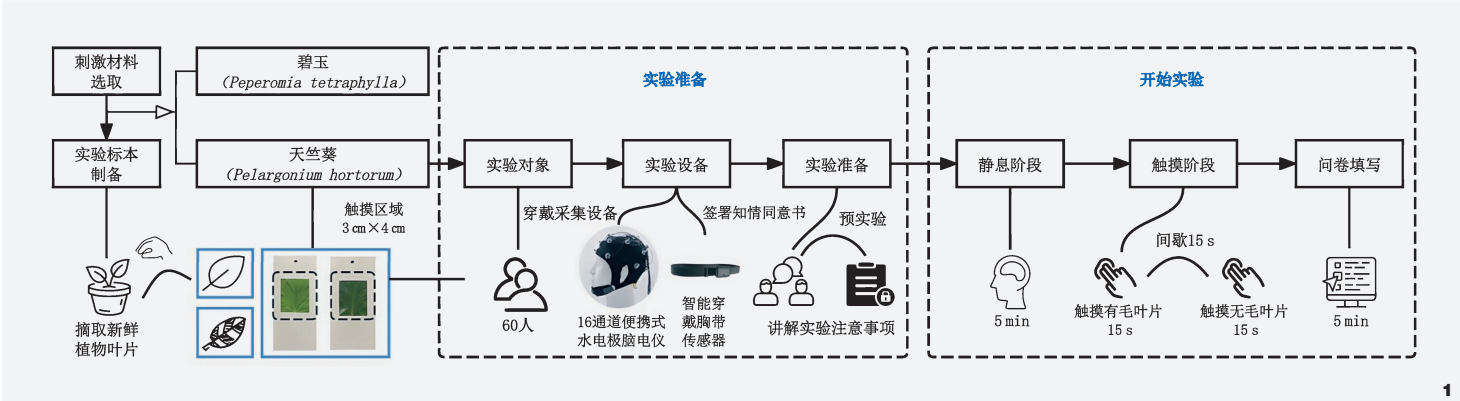
无毛叶片两个片段,以分析不同叶表面类型的叶片的生理指标变化情况。通过ErgoLAB平台针对性地对信号质量差的数据进行降噪和校正处理,导出EEG生理测量数据结果,进行统计分析。

1.2.2 主观感知测度

主观感知的测量通过语义差异法(Semantic Differential, SD)获取被试者的心理数据。借鉴Koga等^[20]的实验设计,SD量表由7对形容词对构成,涵盖“普通—特别”“柔软—坚硬”“喜欢—不喜欢”“愉快—不愉快”“友善—不友善”“刺激—稳定”“焦虑—平静”7个维度,采用正负双向7级量表评分。量表得分越高,表明被试者感受到的植物触感所带来的恢复性感知越强;反之则表明感知较差。量表信度分析结果表明,问卷的Cronbach α系数为0.737,处于较好范围,说明数据具有较好的可靠性。此外,效度分析通过因子分析验证了问卷的结构有效性,KMO值为0.778,Bartlett球形度检验的p值为0.000,表明数据适合进行因子分析,且研究项目间的因子结构合理,具有较好的构念效度。

1.2.3 实验过程

在实验开始前,测试人员向被试者详细说明实验的目的、流程(图1)和注意事项。被试者在充分了解并签署《实验知情同意书》后,穿戴好脑电信号采集设备,并在安静环境中闭目静坐5 min,以适应实验环境并使生理状态达到稳定。实验期间,被试者坐在椅子上,闭眼,右手放置于桌面上,手腕与桌面接触,手指自然悬空。随后,被试者按照要求用食指和中指触摸植物实验样本,每次触摸持续15 s,且两次刺激材料切换的间隔为15 s。实验结束后,所有被试者需填写语



义差异量表 (SD), 该量表包含7组双极形容词, 用于描述触觉感受, 评分采用7级量表 (1=极左端, 7=极右端)。

1.2.4 数据处理

实验数据通过ErgoLAB 3.0软件进行处理和导出, 并使用SPSS 27.0软件对实验所得EEG数据与HRV数据进行统计学分析。所有计量资料均进行Kolmogorov-Smirnov正态性检验和Levene's方差同质性检验。对于符合正态分布的数据, 采用配对t检验和方差分析进行比较被试者在触摸不同类型植物叶片的生理和心理指标变化。显著性检验中, 当 $p < 0.05$ 时, 认为数据变化差异达到统计学范畴内的显著差异; 当 $p < 0.01$ 时, 认为数据变化差异达到统计学范畴内的极显著差异。最后, 数据可视化由Graphpad Prism10.1.2软件完成。

2 结果与分析

2.1 两种不同叶片类型触觉感知的脑电指标变化

触摸无毛与有毛两种叶片后的脑电指标反馈结果表明 (表1, 图2), 脑电 α 波指标方面, 无毛叶片在额区 ($F=7.592, p=0.008$,

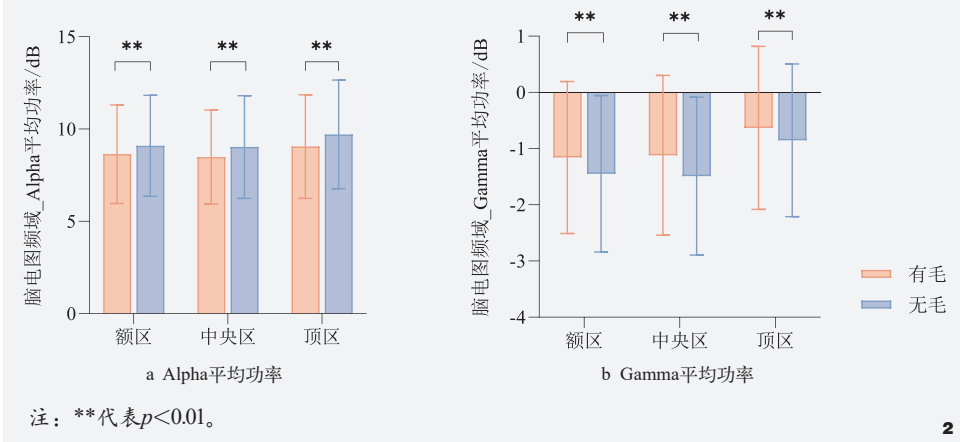


图1 叶片触觉感知实验流程图
Fig. 1 Flowchart of the leaf tactile perception experiment
图2 不同类型叶片触觉的EEG指标变化
Fig. 2 Changes in EEG indicators in response to tactile stimulation of different types of leaves

$\eta^2=0.123$)、中央区 ($F=10.334, p=0.002, \eta^2=0.161$) 和顶区 ($F=10.417, p=0.002, \eta^2=0.162$) 三大脑区中, 均显著高于有毛叶片, 叶片类型主效应的显著。由于 α 波通常被视为放松状态的指标, 无毛叶片表面所带来的简单触觉刺激更易诱发大脑放松反应, 激活副交感神经系统, 增强情绪的稳定性与舒适度, 带来放松情绪状态。偏 η^2 值均大于0.12, 属中等至较大效应量, 进一步支持无毛叶片显著促进 α 波活动、诱导放松反应。结果表明, 无毛表面的植物叶片可能通过降低触觉相关的认知负荷, 调节情绪中枢, 诱发镇静效应。此外, 叶片类型与性别、年龄

及其交互作用在各脑区均未达到显著性, 表明该放松效应在不同性别与年龄群体中具有一致的脑电生理响应。

脑电 γ 波指标方面, 有毛叶片在额区 ($F=13.096, p=0.001, \eta^2=0.195$)、中央区 ($F=17.161, p<0.001, \eta^2=0.241$) 和顶区 ($F=8.310, p=0.006, \eta^2=0.133$) 均显著增强 γ 波活动, 其中中央区的偏 η^2 值为0.241, 属于显著的大效应量。 γ 波通常反映大脑的注意力集中与认知激活水平, 结果表明, 接触有毛叶片显著提高大脑的感官警觉性和认知处理需求。此增强可能源于复杂触觉纹理对感觉皮层与前额叶区域的更高整合要

表1 脑电指标主体内效应检验
Tab. 1 Test of within-subjects effects for EEG measures

分区 Region	源 Source	Ⅲ 类平方和 Type III sum of squares	自由度 Degrees of freedom	均方 Mean square	<i>F</i>	<i>p</i> 值 <i>p</i> -value	偏 Eta^2 Partial Eta^2
额区	叶片	6.218	1	6.218	7.592	0.008**	0.123
	叶片 × 性别	0.602	1	0.602	0.735	0.395	0.013
	叶片 × 年龄	0.902	2	0.451	0.551	0.580	0.020
	叶片 × 性别 × 年龄	1.463	2	0.732	0.893	0.415	0.032
	误差 (叶片)	44.225	54	0.819	—	—	—
	叶片	2.538	1	2.538	13.096	0.001**	0.195
	叶片 × 性别	0.037	1	0.037	0.192	0.663	0.004
	叶片 × 年龄	0.284	2	0.142	0.733	0.485	0.026
	叶片 × 性别 × 年龄	0.765	2	0.383	1.974	0.149	0.068
	误差 (叶片)	10.465	54	0.194	—	—	—
中央区	叶片	8.908	1	8.908	10.334	0.002**	0.161
	叶片 × 性别	0.000	1	0.000	0.000	1.000	0.000
	叶片 × 年龄	2.624	2	1.312	1.522	0.227	0.053
	叶片 × 性别 × 年龄	3.783	2	1.891	2.194	0.121	0.075
	误差 (叶片)	46.547	54	0.862	—	—	—
	叶片	4.151	1	4.151	17.161	< 0.001**	0.241
	叶片 × 性别	0.475	1	0.475	1.962	0.167	0.035
	叶片 × 年龄	0.458	2	0.229	0.946	0.395	0.034
	叶片 × 性别 × 年龄	0.850	2	0.425	1.758	0.182	0.061
	误差 (叶片)	13.062	54	0.242	—	—	—
顶区	叶片	13.040	1	13.040	10.417	0.002**	0.162
	叶片 × 性别	0.031	1	0.031	0.025	0.876	0.000
	叶片 × 年龄	2.104	2	1.052	0.840	0.437	0.030
	叶片 × 性别 × 年龄	4.161	2	2.081	1.662	0.199	0.058
	误差 (叶片)	67.601	54	1.252	—	—	—
	叶片	1.458	1	1.458	8.310	0.006**	0.133
	叶片 × 性别	0.045	1	0.045	0.256	0.615	0.005
	叶片 × 年龄	0.283	2	0.142	0.808	0.451	0.029
	叶片 × 性别 × 年龄	0.527	2	0.263	1.501	0.232	0.053
	误差 (叶片)	9.476	54	0.175	—	—	—

注：*代表 $p < 0.05$ ，**代表 $p < 0.01$ 。表2表3同理。

求，进而激发注意、探索动机及情绪唤醒。说明有毛叶片通过更丰富的触觉输入有效调动注意资源，提升认知参与与情绪激活水平。交互分析显示，叶片类型与性别、年龄及三者的交互作用在各脑区均不显著 (p 值在 0.149 ~ 0.663)，提示 γ 波变化主要由触觉刺激属性驱动，不受性别与年龄因素显著调节。

2.2 两种不同叶片类型触觉感知的心率变异性分析

RMSSD 和 SDSD 均为短时 HRV 指标，高度相关且对副交感神经活动变化敏感，可迅速反映副交感活动水平。触摸不同类型叶片对 RMSSD 和 SDSD 均有显著影响 ($p = 0.011$)。无毛叶片条件下 RMSSD 和 SDSD 均显著高于有毛

叶片条件，反映无毛触感增强迷走神经（副交感）活动，使机体更为放松稳定；相反，有毛叶片则使 RMSSD 和 SDSD 下降，说明其触感引发了一定程度的自主神经紧张反应或情绪唤醒。

性别上，触摸叶片后的 HRV 指标在男性和女性间无显著差异；但年龄组间 HRV 指标差异显著（图3），主要表现在青年组与老年组及青年组与中年组之间。具体而言，青年组 RMSSD 和 SDSD 均显著高于中年组（有毛条件 $p < 0.05$ ，无毛条件 $p < 0.01$ ），老年组与中年组在这两项指标上无显著差异 ($p > 0.05$)。中年组各项指标介于青年和老年之间，部分接近老年组水平，且与青年组存在显著差异。

2.3 触觉感知的主观评价分析

对 60 名被试者采用语义差异问卷对其触摸植物叶片后的触觉和情感感知反应进行评估。结果表明（表3，图4），触摸有毛叶片与无毛叶片的反应存在显著差异。触觉感知方面，有毛叶片在“坚硬—柔软”维度上被评为显著更柔软，而无毛叶片被感知为更坚硬 ($t = 6.064, p < 0.01$)。在“普通—特别”维度上，有毛叶片的“特别”评分也显著高于无毛叶片 ($t = 5.159, p < 0.01$)。这表明叶片表面的绒毛特性增强了触觉上的柔软性和特殊感，而光滑的无毛叶片更易被认为较坚硬且普通。情感感知方面，在“不友善—友善”“不愉快—愉快”“不喜欢—喜欢”维度上，无毛叶片的平均评分均高于有毛叶片，但这些差异均未达显著水平（均 $p > 0.05$ ）。相比之下，在“焦虑—平静”维度上，触摸无毛叶片让参与者感到显著更平静 ($t = -2.864, p = 0.005$)，而在“刺激—稳定”维度上，触摸有毛叶片引发了更强的刺激感 ($t = -2.495, p = 0.014$)。总体而言，无毛叶片带来的触觉与情感体验

表2 心率变异性指标主体内效应检验
Tab. 2 Test of within-subjects effects for HRV measures

指标 Measure	源 Source	Ⅲ类平方和 Type III sum of squares	自由度 Degrees of freedom	均方 Mean square	F	p 值 p-value	偏 Eta² Partial Eta²
RMSSD	叶片	340.667	1	340.667	6.874	0.011*	0.113
	叶片 × 性别	24.512	1	24.512	0.495	0.485	0.009
	叶片 × 年龄	691.669	2	345.834	6.978	0.002**	0.205
	叶片 × 性别 × 年龄	31.254	2	15.627	0.315	0.731	0.012
	误差(叶片)	2 676.351	54	49.562	—	—	—
SDSD	叶片	346.240	1	346.240	6.968	0.011*	0.114
	叶片 × 性别	18.849	1	18.849	0.379	0.541	0.007
	叶片 × 年龄	721.326	2	360.663	7.258	0.002**	0.212
	叶片 × 性别 × 年龄	26.842	2	13.421	0.270	0.764	0.010
	误差(叶片)	2 683.410	54	49.693	—	—	—

表3 不同类型叶片主观测度t检验分析
Tab. 3 t-Test analysis of subjective measures for different types of leaves

	组别 (平均值 ± 标准差) Group (Mean ± SD)		t	p 值 p-value
	有毛 (n = 60) Hairy (n = 60)	无毛 (n = 60) Hairless (n = 60)		
坚硬—柔软	5.92 ± 1.27	4.58 ± 1.14	6.064	0.000**
不友善—友善	4.87 ± 1.43	5.18 ± 1.17	-1.326	0.187
刺激—稳定	4.65 ± 1.55	5.30 ± 1.29	-2.495	0.014*
焦虑—平静	4.77 ± 1.51	5.45 ± 1.06	-2.864	0.005**
不愉快—愉快	4.78 ± 1.63	5.13 ± 1.27	-1.314	0.191
不喜欢—喜欢	4.90 ± 1.63	5.12 ± 1.54	-0.747	0.456
普通—特别	4.77 ± 1.73	3.25 ± 1.48	5.159	0.000**

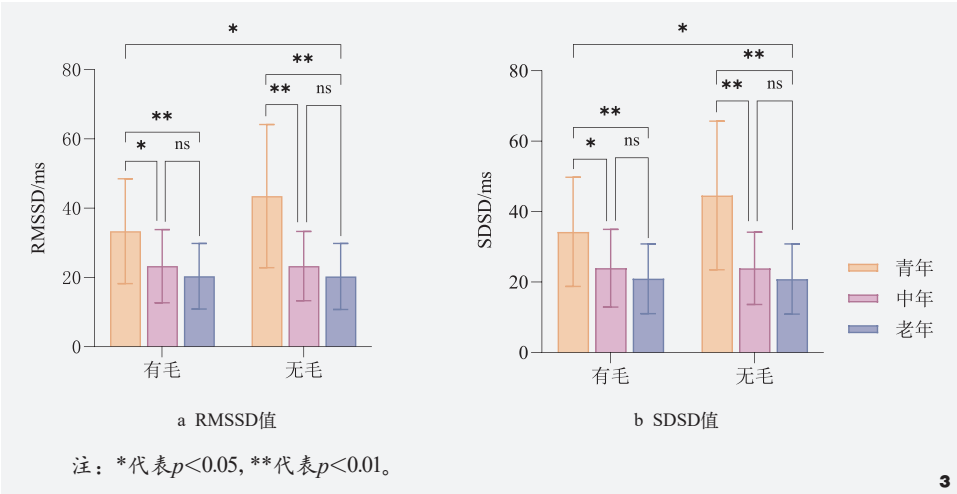


图3 不同类型叶片触觉的HRV指标变化
Fig. 3 Changes in HRV indicators in response to tactile stimulation of different types of leaves

更为舒适一致，可减轻焦虑；而有毛叶片由于其复杂的表面结构，更易引起较强的触觉刺激和情绪波动。

3 结论与讨论

3.1 结论

在脑电活动方面，研究发现叶片质地显著影响α和γ波段功率。触摸无毛叶片时诱发的α波功率显著高于触摸有毛叶片，且这一差异在三个主要脑区均一致存在。叶片质地与性别或年龄之间的交互作用对α波功率均无显著影响，说明不同性别和年龄的参与者在α波反应上具有一致性。短时HRV指标分析表明，无毛叶片触摸条件下的HRV水平显著高于有毛叶片条件，无毛叶片触觉更可能引发放松反应。主观评价结果显示无毛叶片的触觉使人感到更放松、温和、友好，可提升愉悦感和喜好度；有毛叶片的触觉可能引起轻微的紧张或警觉，在情绪舒适度上不及无毛触感。

3.2 讨论

(1) 脑电研究结果表明无毛植物表面的触觉感知，显著地提升α波功率，增强情绪稳定性与舒适感，使个体进入平静放松状态。这与Kim等^[26]研究结果具有一致性，他指出光滑（无毛）植物触感往往降低前额叶皮层激活量，产生镇静舒缓的效果。γ波通常与大脑的高级认知功能、注意力集中以及大脑的过度活跃现象相关^[37]，有毛叶片的触摸显著地提升了γ波功率，有毛叶片的植物触觉刺激激发了一定程度的唤醒反应，交感神经活动相对占优，使大脑兴奋水平上升，处于警觉和认知激活状态。该结果与Kim等^[26]提出柔软或带绒毛的触感会增加提高注意力水平和探索动机具有一致性。对更复杂触觉信

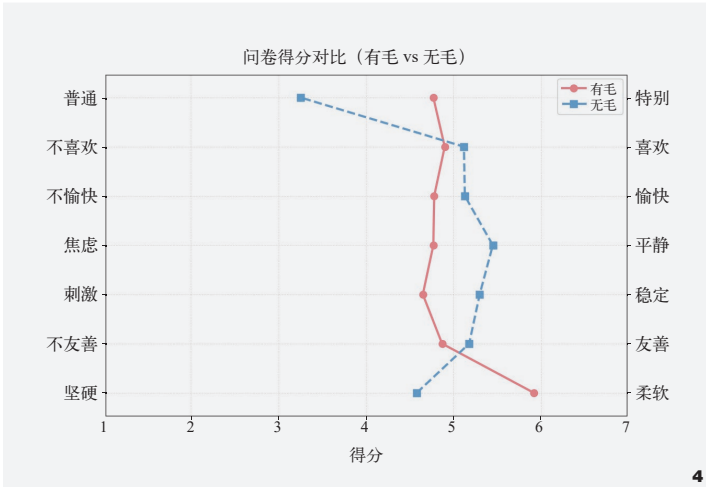


图4 基于语义差异法的植物叶片触感问卷分析
Fig. 4 Analysis of leaf tactile perception questionnaire based on semantic differential method

息的加工需要动员感觉皮层和前额叶等高级脑区功能^[38]。总体而言, EEG结果显示无毛叶片诱导放松(高 α /低 γ), 而有毛叶片诱导认知激活(低 α /高 γ)。

(2) 心率变异性结果表明无毛叶片条件下受试者的RMSSD值和SDSD值均显著高于有毛叶片条件, 呈现出更高的心率变异性水平。该结果进一步表明, 无毛叶片触感能增强迷走神经张力, 促进身心放松。进一步验证和支持了前人关于无毛叶片带来平静舒适的说法。关于不同性别对于两种叶片类型的触觉反应, 不存在明显的差异性, 这与人^[20]的结果存在不一致, 这可能是由于被试者的数量和认知水平的差异所导致。不同年龄段的人群的触觉反应存在部分显著差异。青年组心率变异性指标显著地高于中年组和老年组, 这可能是由于副交感神经占优势, 生理状态更放松; 老年组自主神经反应以交感主导, 副交感降低, 心率调节灵活性减弱, 生理状态相对偏紧张或迟钝。

(3) 在触觉主观评价方面, 受试者普遍报告触摸有毛叶片的触感更趋向“柔软”, 而无毛叶片则相对“坚硬”, 触摸有毛叶片带来的触觉体验显著更加独特、新颖。这可能是由于有毛叶片的表面结构更为复杂、触觉刺激更丰富, 从而更容易引发新奇独特的主观感受。在情绪和舒适度感知方面, 无毛叶片触摸引发的情绪反馈更加正向、平和, 而有毛叶片则更可能伴随轻微的紧张或刺激感。受试者的语义差异问卷评估结果同样印证了不同触觉刺激在心理感受上的差异。

(4) 应用层面。植物叶片的触觉特性能够通过不同的神经机制调节情绪与认知。通过合理选择植物叶片的表面特征, 可以在植物选择

与配置中实现针对不同情感需求的效果。无毛的触感在缓解紧张、稳定情绪方面的显著作用, 可作为促进放松和减压的有益感官刺激。在园艺疗法或触觉冥想等情境中, 无毛植物叶片可能特别适用于舒缓情绪、降低压力。相反, 有毛叶片触觉刺激会引起个体生理和心理的唤醒反应, 注意力被更强烈地调动。这种效应并非纯粹的负面紧张, 而更类似于适度的感官唤醒和探索兴趣的提升。从进化和机制角度来看, 复杂陌生的触觉信号(如植物表面的绒毛)可能需要大脑投入更多认知资源来辨别评估, 因而激活警觉系统, 提高机体对环境的敏感性, 在需要唤起注意力或激发探索动机的场景中可能具有积极意义, 例如, 在感觉统合训练或认知刺激疗法中, 富有质感的材料或许能引导更高的参与度和兴趣。但同时也应根据个体差异(如年龄)优化方案, 以实现最佳效果。

3.3 局限性

研究仍存在一些局限性。(1) 样本以健康成年人为主且缺乏多样性, 未来将扩大样本量并提高被试多样性, 纳入不同文化背景、职业和健康状况的人群, 以验证本研究发现的稳健性并提高结论的外部效度。(2) 本研究的被试者年龄结构未包含儿童群体。由于实验涉及复杂的生理监测设备和较多指令, 儿童受试者在实际配合过程中存在一定困难, 这一客观限制未能及时克服。未来研究将积极探索克服这一障碍, 纳入儿童群体, 以增强结论的全面性和普适性。(3) 本研究的触摸刺激为短时、一次性的接触, 主要关注即时的生理和主观反应。现实情况下, 触觉带来的影响可能具有持续性和累积效应, 目前尚不清楚长期反复接触类似触觉刺激是否会产生适应、增强或其他变化。(4) 研究仅比较了两种叶表面质地(无毛、有毛)的触觉感知, 自然界中的植物叶片触觉刺激多种多样, 不同粗糙度、质地软硬等因素都有可能引发不同的生理心理反应, 这些将成为植物触觉感知体验未来研究的重点方向。

注: 文中图表均由作者绘制。

参考文献

- [1] ZENG C, LIN W, CHEN Q. Psychophysiological Responses of College Students to Audio-visual Forest Trail Landscapes[J]. Journal of Urban Health, 2023, 100: 711-724.
- [2] PARK S, MATTSON R H. Effects of Flowering and Foliage Plants in Hospital Rooms on Patients Recovering from Abdominal Surgery[J]. HortTechnology, 2008, 18: 563-568.

- [3] ZAJADACZ A, LUBARSKA A. Sensory Gardens in the Context of Promoting Well-Being of People with Visual Impairments in the Outdoor Sites[J]. *International Journal of Spa and Wellness*, 2019, 2: 3-17.
- [4] 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.
- [5] SONG X, WU Q. Study on Smellscape Perception and Landscape Application of Fragrant Plants[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2022, 67: 127429.
- [6] 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.
- [7] 赵仁林, 张延龙, 王茜, 等牡丹观赏活动对大学生生理及心理的影响研究[J]. *风景园林*, 2019, 26(06): 109-113.
- [8] 彭阳陵. 植物触觉、味觉、嗅觉特征在园林景观中的心理暗示效应研究[J]. *咸宁学院学报*, 2012, 32(07): 101-102.
- [9] WATANABE J. Communication Research Focused on Tactile Quality and Reality[J]. *NTT Technical Review*, 2011, 23: 26-30.
- [10] DENDA M. The Third Brain: Life, Heart, and the Word from the Perspective of Skin[M]. Tokyo: Asahi Press, 2007.
- [11] RAMACHANDRAN V S, BRANG D. Tactile-Emotion Synesthesia[J]. *Neurocase*, 2008, 14: 390-399.
- [12] SONG J E, UM S J, LEE J S, et al. Effects of Visual Recognition of Green Plants on the Changes of EEG in Patients with Schizophrenia[C]// XXVI International Horticultural Congress: Expanding Roles for Horticulture in Improving Human Well-Being and Life Quality, 2002, 639: 193-199.
- [13] MCGLONE F, VALLBO A B, OLAUSSON H, et al. Discriminative Touch and Emotional Touch[J]. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 2007, 61: 173-183.
- [14] MCGLONE F, WESSBERG J, OLAUSSON H. Discriminative and Affective Touch: Sensing and Feeling[J]. *Neuron*, 2014, 82: 737-755.
- [15] MIYAZAKI Y, MORIKAWA T, FUJITA N. The Effect of Touching Wood on the Activity of the Autonomic Nervous System and Subjective Evaluation: Using the Blood Pressure, thePulse, and Sensory Evaluation[C]// Wood 2000 Kyoto. Kyoto: Japan Wood Research Society, 2000.
- [16] MIYAZAKI Y, MORIKAWA T. The Effect of Touching Wood on the Activity of the Central Nervous System: Using the Multipoint Measurement of Cerebral Blood Change[C]// Kyoto Wood 2000. Kyoto: Japan Wood Research Society, 2000.
- [17] MORIKAWA T, MIYAZAKI Y, KOBAYASHI S. Time-Series Variations of Blood Pressure Due to Contact With Wood[J]. *Journal of Wood Science*, 1998, 44: 495-497.
- [18] SAKURAGAWA S, KANEKO T, MIYAZAKI Y. Effects of Contact With Wood on Blood Pressure and Subjective Evaluation[J]. *Journal of Wood Science*, 2008, 54: 107-113.
- [19] LEE J, SUDA A, JO H, et al. Human Response in Contact with Turf Grass Mowed at Three Different Heights[J]. *Journal of the Japanese Society of Revegetation Technology*, 2008, 34: 139-142.
- [20] KOGA K, SHIRAI T, MISHIMA K, et al. Effect of Touching the Trunks of Different Thickness of Japanese Cedars on Human Physiology and Psychology[J]. *Journal of the Japanese Society of People-Plant Relationships*, 2010, 10: 21-26.
- [21] KOGA K, IWASAKI Y. Psychological and Physiological Effect in Humans of Touching Plant Foliage - Using the Semantic Differential Method and Cerebral Activity as Indicators[J]. *Journal of Physiological Anthropology*, 2013, 32: 7.
- [22] KIM Y J, CHOI S W, PARK S A. Effects of Tactile Stimulation Using an Assortment of Natural Elements on the Psychophysiological Responses of Adults[J]. *Horticulturae*, 2023, 9: 1293.
- [23] HASSAN A, DESHUN Z. Nature's Therapeutic Power: A Study on the Psychophysiological Effects of Touching Ornamental Grass in Chinese Women[J]. *Journal of Health Population and Nutrition*, 2024, 43: 23.
- [24] HASSAN A, DESHUN Z. Psychophysiological Impact of Touching Landscape Grass Among Older Adults[J]. *Journal of Urban Health*, 2024, 101: 792-803.
- [25] DU M, ZHENG Y, WANG C, et al. Effects of Tactile Perceptions on Elderly Adults' Thermo-Physiological Responses in Outdoor Open Spaces[J]. *Building and Environment*, 2025, 278: 112958.
- [26] KIM S H, PARK S A. Psychophysiological and Psychological Responses of Touching Plant Behavior by Tactile Stimulation According to the Foliage Type[J]. *PLoS One*, 2025, 20: e0316660.
- [27] AHMAD K J. Epidermal Hairs of Acanthaceae[J]. *Blumea*, 1978, 24: 101-117.
- [28] 中国科学院植物研究所编辑委员会. 中国植物志: 第43(1)卷[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [29] 徐乙莎, 李春梅, 王城城, 等. 慢性疲劳综合征不同年龄组人群肠道菌群特征分析[J]. *中国全科医学*, 2025, 28(23): 2900-2907.
- [30] 余卫, 张在竹. 医学领域年龄人群划分标准浅析[J]. *中国医学科学院学报*, 2023, 45(02): 285-289.
- [31] HASSAN A, QIBING C, TAO J. Physiological and Psychological Effects of Gardening Activity in Older Adults[J]. *Geriatr Gerontol Int*, 2018, 18: 1147-1152.
- [32] ZHANG S, TANG W, FANG X, et al. Tactile Perception of Rough Surface Based on Skin Friction and Brain Response[J]. *Tribology International*, 2025, 202: 110396.
- [33] HLUSHCHUK Y, HARI R. Transient Suppression of Ipsilateral Primary Somatosensory Cortex During Tactile Finger Stimulation[J]. *Journal of Neuroscience*, 2006, 26: 5819-5824.
- [34] SCHWEIZER R, VOIT D, FRAHM J. Finger Representations in Human Primary Somatosensory Cortex as Revealed by High-Resolution Functional MRI of Tactile Stimulation[J]. *NeuroImage*, 2008, 42: 28-35.
- [35] 金慧, 罗川西, 金荷仙. 城市公园绿视率对人体身心健康的影响——以杭州为例[J]. *南方建筑*, 2022(06): 43-51.
- [36] 翁羽西, 朱玉洁, 董嘉莹, 等. 校园绿地声景观对情绪和注意力的影响——以福建农林大学为例[J]. *中国园林*, 2021, 37(02): 88-93.
- [37] MARZBANI H, MARATEB H R, MANSOURIAN M. Neurofeedback: A Comprehensive Review on System Design, Methodology and Clinical Applications[J]. *Basic and Clinical Neuroscience*, 2016, 7: 143-158.
- [38] HENDERSON J, MARI T, HEWITT D, et al. Tactile Estimation of Hedonic and Sensory Properties During Active Touch: An Electroencephalography Study[J]. *The European Journal of Neuroscience*, 2023, 58: 3412-3431.