

# 蜂群气味在医学上的应用进展

辛爽<sup>1</sup> 刘晶晶<sup>2</sup> 赵亚周<sup>3</sup>

(1北京市密云区园林绿化局, 北京 101520; 2农业农村部机关服务局, 北京 100125; 3中国农业科学院蜜蜂研究所, 北京 100193)

**摘要:** 蜂群气味是蜜蜂群体活动与蜂产品代谢形成的挥发性化学环境总和, 其核心载体为蜂巢空气。本文系统综述蜂群气味的医学应用进展, 通过气相色谱-质谱联用等技术鉴定出56种主要成分, 涵盖短链脂肪酸、萜烯类、醛类等10类化合物, 其中蜜蜂躯体代谢是核心来源。蜂群气味在呼吸系统疾病治疗、抗菌与感染控制、心血管调节及精神心理干预等领域展现出显著潜力, 其作用机制与活性成分的抗菌、抗炎、调节神经递质等效应相关。目前应用技术包括原始吸入、专用吸入器及蜂疗屋, 但面临成分波动、剂量控制等标准化挑战, 且缺乏多中心临床试验验证。未来需聚焦成分纯化、个性化治疗及智能化设备开发, 推动蜂群气味成为自然疗法与精准医学结合的新方向。

**关键词:** 蜂群气味; 医学应用; 自然疗法

## Review on the Progress of Bee Colony Odor in Medical Applications

Xin Shuang<sup>1</sup> Liu Jingjing<sup>2</sup> Zhao Yazhou<sup>3</sup>

(1 Miyun District Landscape and Forestry Bureau of Beijing, Beijing 101520, China;

2 Service Center of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100125, China;

3 Institute of Apicultural Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

**Abstract:** Bee colony odor is the sum of volatile chemical environments formed by bee colony activities and metabolism of bee products, with beehive air as its core carrier. This article systematically reviews the progress of medical applications of bee colony odor. A total of 56 main components, covering 10 categories such as short-chain fatty acids, terpenes, and aldehydes, have been identified through technologies like gas chromatography-mass spectrometry, among which bee body metabolism is the core source. Bee colony odor shows significant potential in the treatment of respiratory diseases, antibacterial and infection control, cardiovascular regulation, and mental health intervention. Its mechanisms are related to the antibacterial, anti-inflammatory, and neurotransmitter-regulating effects of active components. Current application technologies include primitive inhalation, special inhalers, and apitherapy houses, but they face standardization challenges such as component fluctuations and dosage control, along with a lack of verification through multi-center clinical trials. Future efforts should focus on component purification, personalized treatment, and the development of intelligent devices to promote bee colony odor as a new integration of natural therapy and precision medicine.

**Key words:** bee colony odor; medical application; natural therapy

蜂群气味是蜜蜂群体活动与蜂产品代谢共同形成的挥发性化学环境的总和, 其核心载体为蜂巢空气。近年来, 随着气相色谱-质谱联用(GC-MS)等分析技术的发展, 蜂群气味的化学组成逐渐明晰, 其在呼吸系统疾病、感染性疾病、精神心理疾病等领域的医学价值也逐步受到关注。本文综合近

年研究, 从化学组成、医学应用、作用机制及挑战展望等方面, 系统综述蜂群气味的医学应用进展。

### 1 蜂群气味的化学组成与来源

蜂群气味的化学多样性源于蜜蜂自身代谢及蜂产品的协同作用, 其核心是蜂巢空气中的挥发性有机化合物(VOCs)。通过固相微萃取(SPME)结

合 GC-MS 分析, 已鉴定出56种主要成分, 涵盖10类化合物<sup>[1]</sup>。

### 1.1 核心化学组分

蜂群气味的核心化学组分丰富多样, 其中短链脂肪酸占比26.32%, 以辛酸、壬酸、香叶酸为主, 主要来源于蜜蜂躯体分泌物, 具有广谱抗菌活性, 可破坏细菌细胞膜结构; 萜烯类占17.1%, 如柠檬烯、 $\beta$ -石竹烯、 $\alpha$ -金合欢烯等, 多源于蜂胶和蜂蜡, 具有抗炎、抗氧化及调节免疫的作用<sup>[1]</sup>; 醛类占16.4%, 包括苯乙醛、癸醛、肉桂醛等, 参与呼吸道黏膜修复, 其中肉桂醛对耐药菌(如MRSA)的抑制作用尤为显著; 信息素类中, 蜜蜂纳氏腺分泌的香叶醇(抗菌、抗真菌)和橙花醇(镇静、调节更年期症状)是关键活性成分, 直接参与蜂群气味的生理活性; 此外, 还包括酮类(14.4%, 如2-壬酮)、烃类(11.0%, 如癸烷)、酚类(如丁子香酚, 2.2%)等其他成分, 它们协同发挥生物效应。

### 1.2 来源特征

蜂群气味的成分来源具有显著协同性: 蜜蜂躯体分泌物(如信息素)、蜂产品(蜂胶、蜂蜡、蜂蜜)的代谢释放, 以及蜂群活动(如翅膀振动、幼虫发育)的副产物共同构成了这一复杂体系。主成分分析(PCA)显示, 蜂巢空气与蜜蜂躯体的挥发性成分相似度最高(共享21种化合物), 提示蜜蜂自身代谢是蜂群气味的核心贡献者<sup>[1]</sup>。

## 2 蜂群气味的医学应用进展

### 2.1 呼吸系统疾病治疗

蜂群气味疗法(又称蜂巢空气疗法)在呼吸系统疾病中的应用最为成熟, 已在德国、奥地利等国被批准用于临床辅助治疗。

在呼吸系统疾病治疗方面, 蜂巢空气疗法的作用对象包括哮喘、支气管炎、肺纤维化及呼吸道感染等, 其核心机制在于: 短链脂肪酸(如辛酸)可抑制呼吸道致病菌(如金黄色葡萄球菌、鲍曼不动杆菌)<sup>[1]</sup>; 萜烯类(如 $\beta$ -蒎烯)通过抗炎作用减轻黏膜水肿, 改善气道通气; 同时, 蜂巢

空气具有25~35℃的温度和70%~75%的湿度, 能湿润气道, 缓解干咳与黏膜刺激。临床证据方面, 琼脂扩散实验显示, 蜂巢空气对金黄色葡萄球菌的抑菌圈达14.3 mm, 对耐甲氧西林金黄色葡萄球菌(MRSA)达10.3 mm, 证实其具备对抗耐药菌感染的潜力<sup>[1]</sup>。

### 2.2 抗菌与感染控制

蜂群气味的复合成分展现出对多重耐药菌的抑制活性, 为解决抗生素耐药问题提供了新思路, 其主要活性成分包括丁子香酚(酚类)和肉桂醛(醛类), 其中丁子香酚可抑制细菌代谢酶, 肉桂醛能破坏细菌细胞膜, 两者协同作用对MRSA、肺炎克雷伯菌等临床棘手致病菌效果显著<sup>[2, 3]</sup>。目前该特性的应用场景主要作为局部抗菌辅助手段, 如在伤口护理中通过吸入或熏蒸方式减少耐药菌定植, 但具体临床剂量仍需优化。

### 2.3 心血管与代谢调节

临床观察发现, 长期暴露于蜂群气味的养蜂人, 其血压稳定性及微循环状态优于普通人群, 可能与以下机制相关: 醛类物质(如苯乙醛)调节血管弹性, 改善血流动力学; 萜烯类(如 $\alpha$ -蒎烯)通过抗氧化作用减少血管内皮损伤, 降低动脉硬化风险<sup>[4]</sup>。比如有关联研究显示, 马来西亚一项针对30对养蜂人与非养蜂人的对照研究显示, 养蜂人端粒长度显著更长( $P<0.05$ ), 提示蜂群环境(含气味成分)可能通过减缓细胞衰老间接保护心血管系统<sup>[5]</sup>。

### 2.4 精神心理疾病辅助治疗

蜂群气味与蜜蜂活动产生的复合环境(如12 Hz磁场、翅膀振动声)可协同作用于神经系统: 其中, 橙花醇(信息素)通过调节中枢5-羟色胺水平发挥镇静作用, 减少焦虑与失眠, 而蜂群振动产生的12 Hz磁场与人体生物场兼容, 可改善脑微循环, 缓解精神疲劳。其应用形式主要是通过蜂疗屋实现多模态干预——患者在富含蜂群气味的环境中同时接受磁场、振动与声学刺激, 这种方式在欧洲部分国家已用于抑郁症、神经衰弱的辅助治疗。

### 3 应用方式与标准化探索

#### 3.1 现有应用技术

蜂群气味在医学应用中的现有技术包括原始方式、专用吸入器和蜂疗屋：原始方式是移除蜂箱上部并覆盖密网，直接吸入气味，适用于小规模家庭场景<sup>[6]</sup>；专用吸入器通过加热软管减少活性成分冷凝，实现标准化吸入（每次15~60分钟，每日2次，疗程12~22天）；蜂疗屋则是整合蜂巢空气、磁场、振动与声学刺激的复合治疗空间，多用于慢性病管理与康复。

#### 3.2 标准化挑战

蜂群气味的标准化面临成分波动与剂量控制两方面挑战：成分波动方面，其受蜂种（如卡尼鄂拉蜂或意大利蜂）、蜜源（荆条或枣树）、季节影响显著，同一成分含量差异可达3~5倍<sup>[7]</sup>。剂量控制方面，目前缺乏针对不同疾病的最佳浓度标准，过量吸入可能引发呼吸道刺激（如醛类浓度过高）。

### 4 挑战与未来展望

#### 4.1 核心挑战

蜂群气味在医学应用中仍面临诸多挑战，科学证据方面，多数研究为体外实验或小规模观察，缺乏多中心随机对照临床试验验证其疗效。作用机制上，复合成分的协同效应难以拆解，单一成分（如辛酸）的具体靶点尚未明确。同时存在安全风险，对蜂产品过敏者可能诱发气道痉挛，需建立严格的筛查机制。

#### 4.2 未来方向

未来蜂群气味在医学应用上的发展方向可从三方面推进：成分纯化与机制研究方面，通过分离纯化技术明确核心活性成分（如丁子香酚、橙花醇），并结合类器官模型解析其对呼吸道、神经细胞的作用通路。个性化治疗方面，基于患者菌群特征与过敏史，定制蜂群气味配方（如调整萜烯/脂肪酸比例）。智能化应用方面，开发可实时监测VOCs浓度的吸入设备，实现剂量精准调控。

### 5 结语

蜂群气味作为一种天然复合化学环境，其医学价值正从传统经验走向科学验证。从呼吸系统疾病到精神心理干预，其多靶点、低副作用的优势为现代医学提供了新视角。然而，标准化生产、机制解析与临床转化仍是亟待突破的瓶颈。未来通过多学科交叉（如分析化学、免疫学、临床医学），蜂群气味有望成为自然疗法与精准医学结合的典范。

#### 参考文献

- [1] ABD EL-WAHED A A, FARAG M A, ERAQI W A, et al. Unravelling the beehive air volatiles profile as analysed via solid-phase microextraction (SPME) and chemometrics[J]. *Journal of Advanced Research*, 2021, 34: 149–159.
- [2] SUPPAKUL P. Cinnamaldehyde and eugenol: Use in antimicrobial packaging[M]// *Antimicrobial food packaging*. Academic Press, 2025: 667–680.
- [3] DHARA L, TRIPATHI A. Antimicrobial activity of eugenol and cinnamaldehyde against extended spectrum beta lactamase producing enterobacteriaceae by in vitro and molecular docking analysis[J]. *European Journal of Integrative Medicine*, 2013, 5(6): 527–536.
- [4] PEREZ-CONESA D, MCLANDBOROUGH L, WEISS J. Inhibition and inactivation of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157: H7 colony biofilms by micellar-encapsulated eugenol and carvacrol[J]. *Journal of Food Protection*, 2006, 69(12): 2947–2954.
- [5] NASIR N F M, KANNAN T P, SULAIMAN S A, et al. The relationship between telomere length and beekeeping among Malaysians[J]. *Age*, 2015, 37(3): 58–63.
- [6] MARTINOTTI S, BONSIGNORE G, RANZATO E. Applications of beehive products for wound repair and skin care[J]. *Cosmetics*, 2023, 10(5): 127–140.
- [7] FALCAO S I, FREIRE C, FIGUEIREDO A C, et al. The volatile composition of Portuguese propolis towards its origin discrimination[J]. *Records of Natural Products*, 2016, 10(2): 176–188. 