

引用:杨莹,王俊鹏,蒋伶俐,张根明,李道睿.基于CiteSpace和VOSviewer可视化分析榄香烯研究热点与趋势[J].中医导报,2026,32(1):185-193,201.

# 基于CiteSpace和VOSviewer可视化分析 榄香烯研究热点与趋势\*

杨莹,王俊鹏,蒋伶俐,张根明,李道睿  
(中国中医科学院广安门医院,北京 100053)

[摘要] 目的:基于文献计量学分析榄香烯相关研究领域的发展现状和发展态势。方法:从中国知网(CNKI)和Web of Science核心合集中检索2004—2024年榄香烯研究领域的相关文献,运用CiteSpace和VOSviewer进行文献计量学与可视化分析。结果:共纳入文献1 821篇,其中中文文献462篇,英文文献1 359篇。相比之下,英文文献发文量较大且总体呈逐年上升趋势。中英文发文量均为第一的作者为杭州师范大学的谢恬,其所在单位杭州师范大学也是英文文献发文量第一的科研机构。中英文关键词显示,榄香烯的研究热点主要集中于活性成分分析、榄香烯衍生产品和抗肿瘤作用。主要成分“ $\beta$ -榄香烯”为中英文文献中出现频数最高的关键词。结论:榄香烯相关研究领域目前仍处于上升阶段,发展前景良好,因此应深度剖析榄香烯的可能作用机制和临床应用,充分发挥其疗效优势和临床价值以推动中医药的传承创新发展。

[关键词] 榄香烯; $\beta$ -榄香烯;抗肿瘤作用;CiteSpace软件;VOSviewer软件;文献计量学;可视化分析

[中图分类号] R284 [文献标识码] A [文章编号] 1672-951X(2026)01-0185-09

DOI: 10.13862/j.cn43-1446/r.2026.01.031

## Visualization Analysis of Research Hotspots and Trends in Elemene Based on CiteSpace and VOSviewer

YANG Ying, WANG Junpeng, JIANG Lingli, ZHANG Genming, LI Daorui

(Guang'anmen Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100053, China)

[Abstract] Objective: To analyze the current development status and trends of research related to elemene based on bibliometrics. Methods: Literatures related to elemene research published from 2004 to 2024 were retrieved from the China National Knowledge Infrastructure(CNKI) and Web of Science Core Collection. Bibliometric and visualization analyses were conducted by using CiteSpace and VOSviewer. Results: A total of 1,821 literatures were included, among which 462 were Chinese literatures and 1,359 were english literatures. Compared to Chinese literature, the volume of published english literatures was larger and showed an overall increasing trend annually. XIE Tian from Hangzhou Normal University ranked first in the number of publications in both Chinese and english literatures, and the university also ranked first among research institutions for english publications. Keywords in both Chinese and english literatures indicated that the research hotspots of elemene mainly focused on active component analysis, elemene-derived products and anti-tumor effects. " $\beta$ -Elemene", the main component, was the most frequently occurring keyword in both Chinese and english literatures. Conclusion: The research field related to elemene is still in an upward stage with broad development prospects. Therefore, it is necessary to conduct in-depth analysis on the potential mechanisms of action and clinical applications of elemene, give full play to its curative effect advantages and clinical value, so as to promote the inheritance, innovation and development of traditional Chinese medicine.

[Keywords] elemene;  $\beta$ -elemene; anti-tumor effect; CiteSpace software; VOSviewer software; bibliometrics; visualization analysis

\*基金项目:中国中医科学院科技创新工程项目(C12022C002-02);国家科技重大专项2024年度定向项目(2024ZD0521303);国家自然科学基金面上项目(82074405)

通信作者:李道睿,男,主任医师,研究方向为中西医结合防治肿瘤

榄香烯(Elemene)是从中药莪术[*Curcuma zedoaria*(Christm.) Rosc.]根茎中提取出的天然倍半萜类化合物,其核心成分为 $\beta$ -榄香烯,并含 $\gamma$ 、 $\delta$ -榄香烯等辅助成分<sup>[1-2]</sup>,具有抗肿瘤<sup>[3]</sup>、抗炎<sup>[4-5]</sup>、抗氧化<sup>[6]</sup>等多种生物活性。莪术为姜科姜黄属植物莪术、广西莪术和温郁金的干燥根茎,始载于南北朝《中药炮炙论》<sup>[7]</sup>,其性温,味辛、苦,归肝、脾两经,具有行气破血、消积止痛之功效。近年来,榄香烯因其独特的疗效优势引发了国内外学者的广泛关注,使得对相关领域的研究不断积累和深入。研究主要集中于新型衍生物的研发<sup>[8]</sup>和榄香烯联合其他疗法的联合治疗策略<sup>[9]</sup>,如榄香烯联合替莫唑胺可治疗胶质母细胞瘤<sup>[9]</sup>;榄香烯乳注射液联合肝动脉化疗栓塞可以显著提高原发性肝癌患者的生存期等<sup>[9]</sup>。因此,笔者对收录的榄香烯相关研究文献进行全面梳理和分析,旨在为后续研究提供系统的参考依据,帮助科研人员快速了解该领域的核心研究力量、热点问题和发脉脉络,以期对指导榄香烯相关的新型衍生产品研发和临床应用有所裨益。

中国知网(CNKI)是世界上最大、连续动态更新的中国学术期刊全文数据库,包含内容广泛、全面且分类清晰<sup>[10]</sup>。Web of Science(WOS)是全球最具权威性和综合性的数据源,主要由人文艺术引文索引、科学引文索引和社会科学引文索引三大引文数据库组成,已成为全球相当一部分引文研究的标准工具<sup>[11]</sup>。本研究分别选择从CNKI和WOS数据库中筛选中文、英文文献,具有较高的科学性、学术性和权威性。文献计量学通过对文献的定性和定量分析来展现相关研究领域的知识结构、研究热点和发展趋势,已成为医学研究领域文献分析的重要方法<sup>[12-13]</sup>。CiteSpace和VOSviewer均具有强大的可视化和数据分析能力,现已被广泛应用于文献计量分析<sup>[14-15]</sup>。此次研究运用文献计量学研究方法对榄香烯研究领域近20年的相关文献进行可视化分析,全面了解和探讨其研究热点及发展趋势并展望未来的研究方向,以期为该领域后续研究提供参考。

## 1 资料与方法

**1.1 数据来源** 中文文献来源CNKI,高级检索主题词为“榄香烯”;学术期刊来源类别为北大核心、CSSCI、CSCD、科技核心;检索时间为2004年1月1日至2024年12月31日,最终得到文献462篇;数据采集时间为2024年12月31日。英文文献来源Web of Science核心数据库,检索策略为:#1 TS="Elemene";检索时间为2004年1月1日至2024年12月31日;语种选择“English”;文献种类为“article”和“review article”。由2名研究人员独立检索和筛选原始数据,如遇分歧,交由第3位研究人员判定。最终获取文献1 359篇,其中论著类文献1 263篇,综述类文献96篇。

**1.2 文献筛选** 文献纳入标准:(1)具有完整的题录信息;(2)研究主题符合榄香烯领域;(3)文章类型为论著或综述;(4)CNKI数据库语种限制为中文,WOS数据库语种限制为英文。

文献排除标准:(1)重复出现的文献;(2)根据文献篇名、摘要和正文,排除明显与榄香烯研究领域无关的文献;(3)作

者、机构、发表年份等内容不完整的文献;(4)学位论文、会议论文、科普宣传、报纸、标准、专利等相关文献。

**1.3 检索方法** 将筛选后的中文文献以Refworks格式、英文文献以纯文本文件的格式导出其全记录与引用的参考文献。文献计量分析和所有数据可视化使用Excel 2021、CiteSpace(版本6.4.R1)和VOSviewer(版本1.6.20)。使用Excel 2021制作文献一般情况的图表,使用CiteSpace和VOSviewer进行发文趋势、作者合作网络、机构合作网络、关键词突现、关键词聚类 and 关键词时间线的可视化分析。

## 2 结果

**2.1 年度发文量趋势** 年度发文量是衡量学科发展态势的重要指标,其时间序列变化规律能够有效反映学科发展的速度、研究热点演变轨迹及学科成熟度<sup>[16]</sup>。深入分析文献年度分布数据,不仅可以揭示某一领域在不同发展阶段的活跃程度,还能为把握其演进趋势、预测未来发展方向提供重要依据。

统计分析了2004年1月1日至2024年12月31日关于榄香烯研究领域的年度发文量,共检索出榄香烯相关文献1 821篇,其中中文文献462篇,占总发文量的25.4%,英文1 359篇,占总发文量的74.6%,并对相关文献进行年度发文量趋势分析,如图1所示。近20年榄香烯相关领域年度发文量英文文献明显大于中文文献,且差距逐渐拉大。自2004年起,英文文献总体发文量呈曲线上升趋势,且 $R^2$ (拟合优度)高达0.908 8,这表明榄香烯的相关研究领域是当前的研究热点且发展前景良好。与此相比,中文文献发文量却不乐观,2004—2008年榄香烯研究领域发文量曲折上涨,总体保持平稳产出态势。2009年随即下降,出现近9年的最低值(21篇),但在2009—2010年随即出现峰值,为36篇,在接下来的十余年发文量略有下降,保持每年约20.28篇的发文速度。根据中英文文献的发文量趋势图对比可知,在学术成果的呈现方面,英文文献的发表数量显著大于中文文献。这可能与近年来对于榄香烯的研究主要集中于西医的分子机制和生物活性研究层面相关。

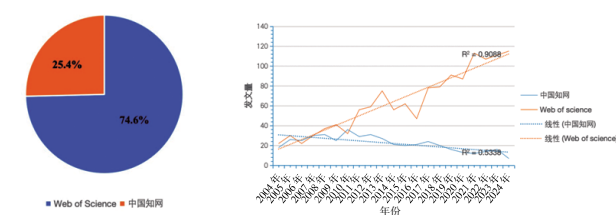


图1 文献产出百分比与年度发文趋势

## 2.2 榄香烯研究领域发文作者及机构分析

**2.2.1 发文作者** 发文作者是学术成果的直接创造者,他们的研究活动构成了学科发展的核心动力。其数量、合作网络及影响力直接反映了该领域的研究活力和创新水平,这有助于我们把握当前学术前沿和研究热点。

本研究对榄香烯相关领域的中英文文献发文作者进行分析,并绘制作者合作网络分析图,时间年限由深色逐渐过渡到浅色表明时间由远及近。节点规模与作者发文量呈正相关,节点间连线的宽度则直观反映了作者间合作关系的紧密程度,其中较粗的连接线代表着更为频繁和深入的合作关系<sup>[17]</sup>

(见图2~3)。其中,中文核心作者21名,英文作者6 749名,核心作者2名。依据普莱斯定律计算核心作者发文量,计算公式为 $N=0.749 \times \sqrt{n_{\max}} \eta_{\max}$ 表示发文量最多作者的文献量,当作者发文量 $>N$ 篇即为核心作者,经计算得出 $N=4.87$ ,故该领域核心作者最低发文量为5篇。经VOSviewer统计得出,自2004年以来该领域共有核心作者23名,共计发文209篇,占该领域总发文量的11.47%,说明榄香烯研究领域的核心作者群体为本领域的大部分研究成果做出了突出的贡献并且具有强大影响力<sup>[18]</sup>。表1~2展示了中英文文献发文量排名前10的作者。由表可知,杭州师范大学的谢恬在中文和英文文献发文量均位列第一名,其研究领域为榄香烯的有效药理成分及其对肿瘤的有效防治。中文发文量频数最高的年份为2010年,英文为2018年,说明其发文主攻方向可能由中文转向英文,这与当今时代的发文趋势存在着不容忽视的关系。由表1可知,发文量并列第二的作者分别为中国医科大学的刘云鹏和杭州师范大学的曾昭武,为9篇。刘云鹏与谢恬的研究方向大致相同,曾昭武的研究领域为榄香烯的应用基础研究。由表2可知,英文发文量第二名的是美国科学家SEFZER W,其研究方向主要集中在天然产物化学、植物化学和药用植物研究,对传统中药莢术提取物开展的研究较多且较为深入。第三名是来自尼日利亚的OGUNWANDE I教授,与SETZER W教授的研究领域大致相同,在此基础上对植物精油的提取剖析实验研究贡献显著,具有强大的影响力。上述研究表明从传统中药莢术中提取出的榄香烯也同样引发了诸多国外学者的关注和研究,日益走向国际化。

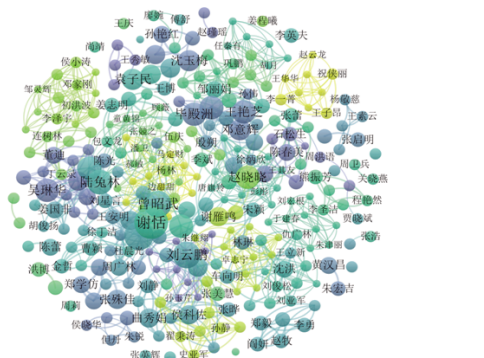


图2 中文文献的研究作者合作网络分析

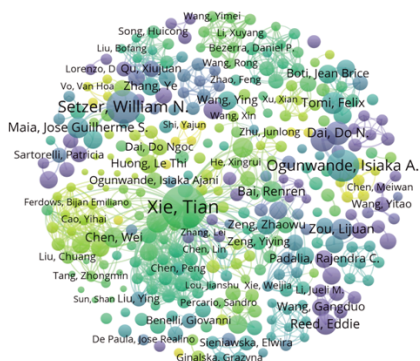


图3 英文文献的研究作者合作网络分析

表1 中文发文量排名前10的作者

序号	作者	发文量/篇	起始年份
1	谢恬(杭州师范大学)	13	2010年
2	刘云鹏(中国医科大学)	9	2011年
3	曾昭武(杭州师范大学)	9	2010年
4	陆兔林(南京中医药大学)	8	2010年
5	吴琳华(哈尔滨工业大学)	7	2006年
6	毕殿洲(沈阳药科大学)	7	2007年
7	毛春芹(南京中医药大学)	7	2010年
8	王艳芝(郑州大学)	7	2007年
9	郑甲信(郑州大学)	7	2007年
10	沈玉梅(上海交通大学)	6	2007年

表2 英文发文量排名前10的作者

序号	作者	发文量/篇	起始年份
1	XIE T(Hangzhou Normal University)	44	2018年
2	SETZER W(University of Alabama in Huntsville)	26	2007年
3	OGUNWANDE I(Foresight Institute of Research and Translation)	23	2013年
4	DAI D(VinhUniversity)	13	2013年
5	THANG T(VinhUniversity)	13	2013年
6	SUI X(Macau University of Science and Technology)	11	2020年
7	TOMI F(University de Crose)	11	2013年
8	BAI R(Hangzhou Normal University)	10	2014年
9	MAIA J(University Federal do Para)	10	2016年
10	REED E(Mary habbRandolph Cancer Center)	10	2010年

2.2.2 发文机构 发文量作为衡量科研实力的一项重要指标,是一个科研机构实力强弱的重要表现<sup>[19]</sup>。通过CiteSpace对榄香烯相关领域发文机构进行可视化分析,绘制网络图,并对该领域发文量前10的机构进行统计(见图4~5、表3~4)。以已发表的文献作为参考项目,中文研究机构的结果分析如图4、表3所示,共有研究机构578所,形成了以沈阳药科大学(17篇)、南京中医药大学药学院(8篇)和南京中医药大学第一临床医学院(7篇)为核心的主要机构合作网络。其中前10名的机构有5所位于东南地区江浙一带,这可能与温郁金是“浙八味”之一的道地药材有关。3所位于东北地区,这可能与榄香烯注射液最早研发于大连市有关。以上说明发文机构具有显著的地域特征。由图5、表4可知,相比于中文研究机构,英文机构数量更多,有1 001所参与其中,并且多数为国内研究机构。排名前10的机构发文量均超过20篇。英文文献发文量最多的机构是Hangzhou Normal University(63篇),这可能与发文量第一的作者谢恬团队的单位是杭州师范大学有关,表明杭州师范大学在该领域具有强大的科研团队,开展了深入且系统的研究。排名第二的是Dalian Medical University,为33篇。前2名的机构均来自于中国。由研究机构合作网络可知,多个研究机构之间建立了一定的合作关系,但这类合作有待进一步加强,尤其是增加不同机构间的跨区域合作,可能更有利于该领域的发展。



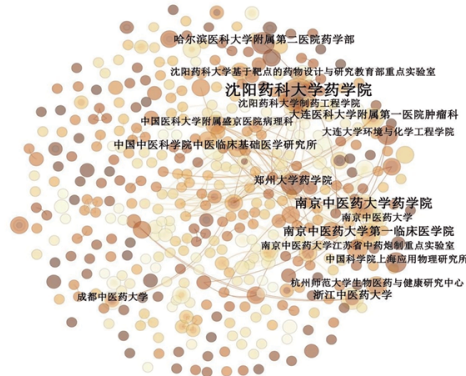


图 4 中文文献的研究机构合作网络分析

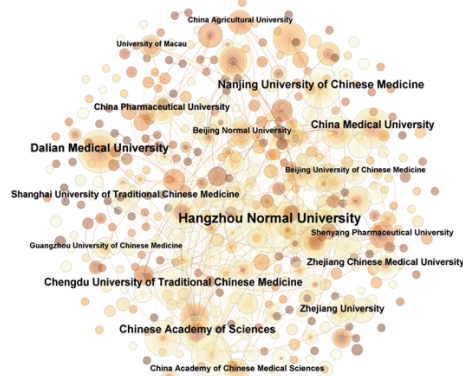


图 5 英文文献的研究机构合作网络分析

表 3 2004—2024 年中国知网发文量前 10 的机构

序号	机构	城市	发文量/篇	年份
1	沈阳药科大学药学院	沈阳	17	2004年
2	南京中医药大学药学院	南京	8	2010年
3	南京中医药大学第一临床医学院	南京	7	2011年
4	浙江中医药大学	杭州	5	2010年
5	郑州大学药学院	郑州	5	2007年
6	中国中医科学院中医临床基础医学研究所	北京	5	2022年
7	大连医科大学附属第一医院肿瘤科	大连	5	2011年
8	哈尔滨医科大学附属第二医院药学部	哈尔滨	5	2006年
9	南京中医药大学	南京	4	2012年
10	杭州师范大学生物医药与健康研究中心	杭州	4	2010年

表 5 CNKI 中被引频次前 10 的中文文献

序号	文章题目	第一作者	年份	期刊	被引频次
1	$\beta$ -榄香烯抗肿瘤作用的基础与临床研究	花文峰	2006年	中药材	132
2	没药研究进展	赵金凤	2011年	中国药房	111
3	莪术抗癌作用机制研究进展	黄臣虎	2010年	中草药	87
4	$\beta$ -榄香烯逆转人乳腺癌MCF-7/ADM细胞对阿霉素耐药性的研究	胡军	2004年	中华肿瘤杂志	83
5	抗癌药物 $\beta$ -榄香烯及其衍生物的研究进展	麻杰	2018年	中草药	80
6	抗癌活性植物油的主要功效成分及作用机制研究进展	朱丽云	2017年	中草药	61
7	榄香烯对人肺腺癌SPC-A-1细胞VEGF-C及VEGFR-3表达的影响	周昆	2008年	中国老年学杂志	61
8	广西莪术化学成分和药理作用研究进展及其质量标志物预测分析	李泽宇	2021年	中草药	60
9	桂郁金研究进展及基于质量标志物的保肝、抗肿瘤机制分析	李泽宇	2021年	中国中药杂志	59
10	榄香烯对人脑胶质瘤U251/ADM耐药细胞株多药耐药性的逆转作用	陈春美	2006年	中华实验外科杂志	56

表 4 2004—2024 年 Web of Science 发文量前 10 的机构

序号	机构	城市	发文量/篇	年份
1	Hangzhou Normal University	Hangzhou	63	2009年
2	Dalian Medical University	Dalian	33	2005年
3	Egyptian Knowledge Bank (EKB)	Cairo	30	2008年
4	Nanjing University of Chinese Medicine	Nanjing	29	2013年
5	Chinese Academy of Sciences	Beijing	26	2006年
6	China Medical University	Shengyang	25	2010年
7	Vinh University	Vinh City	25	2013年
8	Chengdu University of Traditional Chinese Medicine	Chengdu	23	2018年
9	Council of Scientific & Industrial Research-India	New Delhi	23	2004年
10	Universidade Federal do Para	Bel é m	22	2011年

2.2.3 被引频次 被引频次是评估学术论文质量和影响力的关键指标之一，它体现了学者之间的相互借鉴、参考和认可<sup>[20]</sup>。不仅如此，被引频次还彰显了学者们在科研道路上相互启发、参照对比以及对彼此研究成果的尊重与肯定。

2004—2024年榄香烯研究领域被引频次前10的中英文文献如表5~6所示。从被引频次可以看出，排名前10的中文文献被引频次均>50次。中文文献被引次数最高的是花文峰等<sup>[21]</sup>发表在《中药材》的“ $\beta$ -榄香烯抗肿瘤作用的基础与临床研究”，为132次。该文通过对 $\beta$ -榄香烯的抗肿瘤活性和作用机制进行研究，指出榄香烯抗肿瘤的作用机制、靶点及信号通路尚未完全阐明，仍需深入研究。同时， $\beta$ -榄香烯的临床适应证、最佳剂量、配伍方案及给药途径也需进一步明确和优化。其中，在被引频次前10的10篇中文文献中有4篇来自《中草药》，这表明该期刊与此领域的研究十分契合，具有相当的深度和学术影响力，其成果为榄香烯研究领域的进一步发展提供了重要的理论支撑和实践指导，因此引起了众多研究学者的学习和探讨。第二名的文章是“没药研究进展”，被引频次为111次，赵金凤等<sup>[22]</sup>通过对没药的研究进展进行综述，归纳总结没药可以抑制肿瘤细胞有丝分裂和细胞增殖、降低细胞内活性氧含量，从而减少正常细胞凋亡，还可以抑制血管发生，诱导癌细胞凋亡。在被引频次前10名的中文文献中，每一篇文献的研究重点都与榄香烯的显著抗肿瘤直接或间接相关，这表明榄香烯在肿瘤的防治方面贡献突出。

在1 359篇英文文献中，被引频次排名第一、第二名的文

献均刊登在*Cell Mol Life Sci*上,共274次,占排名前10的所有被引频次的37%,这说明该期刊对榄香烯相关领域的研究较为全面、系统。WANG G等<sup>[2]</sup>于2005年发表在*Cell Mol Life Sci*上的“Antitumor effect of beta-elemene in non-small-cell lung cancer cells is mediated via induction of cell cycle arrest and apoptotic cell death”被引频次最高,为132次。该文献首次提供β-榄香烯对人非小细胞肺癌细胞和人肺成纤维细胞、支气管上皮细胞增殖抑制作用的不同证据,充分证明β-榄香烯对肿瘤细胞生长、增殖具有显著的抑制作用。其次为被引频次122次的“Antiproliferative effect of beta-elemene in chemoresistant ovarian carcinoma cells is mediated through arrest of the cell cycle at the G2-M phase”,LI X等<sup>[23]</sup>首次发现β-榄香烯能显著增强卵巢癌耐药细胞A2780/CP对顺铂的敏感性,同时也提出β-榄香烯联合顺铂可能是一种潜在的组合疗法,以避免卵巢癌和其他恶性肿瘤对顺铂的耐药性。同样,被引频次前10名的英文文献的研究主题均围绕榄香烯的显著抗肿瘤作用展开,这说明榄香烯抗肿瘤作用研究在国内外均具有较高的关注度。

**2.3 关键词分析** 关键词作为文献核心内容的精炼概括,在学术研究中发挥着重要的导向作用<sup>[24]</sup>。综合运用共现分析、聚类分析和突现分析方法,可有效识别学科领域的研究热点,追踪学科发展前沿,从而为科研选题与创新方向提供理论支撑。

**2.3.1 关键词共现分析** 关键词共现是指2个或多个关键词同时出现现象。通过关键词共现分析,可以揭示文本中的主题关联、概念网络以及知识结构。

根据来自中国知网的462篇中文文献,使用VOSviewer中的thesaurus terms.txt对关键词进行同义词合并后共得到1 022个关键词,对关键词出现频数进行统计,并利用VOSviewer构建关键词共现网络图(见图6)。共现节点越大说明出现篇数越多<sup>[25]</sup>。为了更直观的了解当今关键词热点,将出现频数前20的高频关键词绘制成表格(见表7)。由图表可知,β-榄香烯、榄香烯、细胞凋亡为当前该领域前三的研究热点。

对来自WOS的1 359篇英文文献进行合并后共得到6 113个关键词,使用同样的方法构建图表(见图7、表8)。由图表所示,beta-elemene、essential oil和apoptosis为当前该领域前三的研究热点。β-榄香烯无论在中文还是英文文献中均为出现

频数最高的关键词,中文频数为185,英文文献高达438,这表明β-榄香烯作为榄香烯的主要成分在该领域的研究热度较大。

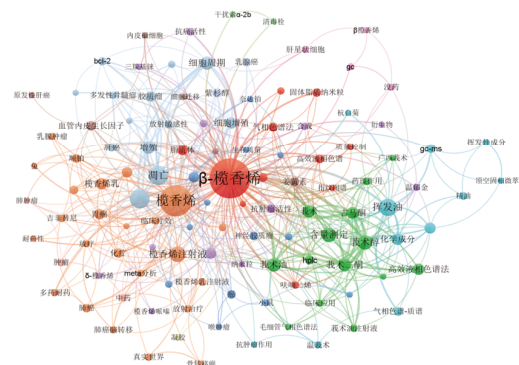


图6 中文文献关键词共现图

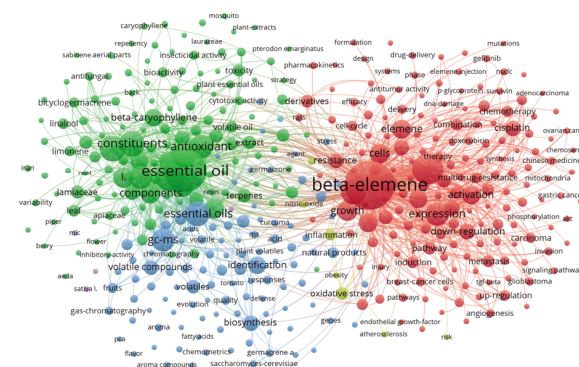


图7 英文文献关键词共现图

表7 排名前20的中文文献关键词

序号	关键词	频数	序号	关键词	频数
1	β-榄香烯	185	11	莪术二酮	14
2	榄香烯	107	12	莪术	14
3	细胞凋亡	71	13	吉马酮	12
4	挥发油	28	14	抗肿瘤	12
5	细胞增殖	27	15	化学成分	11
6	榄香烯注射液	23	16	榄香烯乳	11
7	含量测定	19	17	高效液相色谱法	11
8	莪术醇	19	18	气相色谱-质谱联用	10
9	细胞周期	16	19	疗效	10
10	莪术油	16	20	胃癌	9

表6 Web of Science 中被引频次前10的英文文献

序号	文章题目	第一作者	年份	期刊	被引频次
1	Antitumor effect of beta-elemene in non-small-cell lung cancer cells is mediated via induction of cell cycle arrest and apoptotic cell death	WANG G	2005	<i>Cell Mol Life Sci</i>	152
2	Antiproliferative effect of beta-elemene in chemoresistant ovarian carcinoma cells is mediated through arrest of the cell cycle at the G2-M phase	LI X	2005	<i>Cell Mol Life Sci</i>	122
3	Anti-tumor effect of beta-elemene in glioblastoma cells depends on p38 MAPK activation	YAO Y Q	2008	<i>Cancer Lett</i>	109
4	β-Element-induced autophagy protects human gastric cancer cells from undergoing apoptosis	LIU J	2011	<i>Bmc Cancer</i>	72
5	Beta-elemene inhibits melanoma growth and metastasis via suppressing vascular endothelial growth factor-mediated angiogenesis	CHEN W X	2011	<i>Cancer Chemoth Pharm</i>	65
6	Antineoplastic effect of beta-elemene on prostate cancer cells and other types of solid tumour cells	LI Q Q	2010	<i>J Pharm Pharmacol</i>	64
7	β-Element induces apoptosis in human renal-cell carcinoma 786-0 cells through inhibition of MAPK/ERK and PI3K/Akt/ mTOR signalling pathways	ZHAN Y H	2012	<i>Asian Pac J Cancer p</i>	47
8	β-Element enhances susceptibility to cisplatin in resistant ovarian carcinoma cells via downregulation of ERCC-1 and XIAP and inactivation of JNK	LI Q T Q	2013	<i>Int J Oncol</i>	43
9	The role of E3 ubiquitin ligase Cbl proteins in β-element reversing multi-drug resistance of human gastric adenocarcinoma cells	ZHANG Y	2013	<i>Int J Mol</i>	31
10	Sensitization of lung cancer cells to cisplatin by β-element is mediated through blockade of cell cycle progression: antitumor efficacies of β-element and its synthetic analogs	LI Q Q	2013	<i>Med Oncol</i>	29



表 8 排名前 20 的英文文献关键词

序号	关键词	频数	序号	关键词	频数
1	beta-elemene	438	11	leaves	99
2	essential oil	319	12	expression	95
3	apoptosis	177	13	gc-ms	94
4	chemical-composition	152	14	antioxidant activity	74
5	constituents	116	15	plants	72
6	essential oil composition	116	16	components	71
7	in-vitro	111	17	growth	69
8	antimicrobial activity	108	18	sesquiterpenes	67
9	essential oils	106	19	cancer cells	63
10	antioxidant	100	20	activation	61

2.3.2 关键词聚类分析 各聚类间相互交织、关联紧密。关键词聚类分析基于语义相似性对关键词进行归类,但由于聚类标签难以全面涵盖其关键词内涵,因此需结合各聚类的研究热点及领域特征,对其进行深度提炼与归纳<sup>[26-27]</sup>。这种分析方法不仅能够揭示各聚类群组之间的交互关系和紧密联系,还能有效呈现研究领域的知识结构和热点分布。

根据来自中国知网CNKI的462篇中文文献,运用CiteSpace软件以对数似然比(LLR)方法进行关键词聚类分析,得到关键词聚类图(见图8)。聚类模块值 $Q=0.823\ 5$ ,平均轮廓值 $S=0.972\ 6$ ,满足 $Q>0.3$ , $S>0.5$ ,提示关键词聚类结构显著,且聚类结果同质性较高。共形成了#0榄香烯、#1挥发油、#2莪术醇、#3含量测定、#4凋亡、#5细胞凋亡、#6恶性肿瘤、#7肿瘤、#8卵巢癌、#9骨转移癌10个有意义的聚类。各聚类间形成较为密集的连线,表明各聚类间联系紧密<sup>[28]</sup>。这10个聚类总体上可按照各自性质分为3个类别。(1)聚类#0、#1、#2、#3主要探讨榄香烯的化学成分与药物研究。(2)聚类#4、#5表示生物学机制与过程。(3)聚类#6、#7、#8、#9与肿瘤疾病及新型衍生产品研究相关。使用相同的方法对来自WOS的1 359篇英文文献分析(见图9)。聚类模块值 $Q=0.474\ 6$ ,平均轮廓值 $S=0.791$ ,满足 $Q>0.3$ , $S>0.5$ ,提示关键词聚类结构显著,且聚类结果同质性较高。共形成了#0 essential oils、#1 apoptosis、#2 oessential oil composition、#3 metabolic engineering、#4 oxidative stress、#5 1 amino 3 siloxy 1,3 butadienes、#6 attractant、#7 spme-gc-fid8个有意义的聚类。英文文献的8个聚类总体上也可分为3个类别。(1)聚类#0、#2、#7侧重榄香烯的化学成分和提取技术。(2)聚类#1、#4、#6主要和榄香烯的生物活性与机制研究有关。(3)聚类#3、#5主要探讨该领域的化学合成与相关疾病研究。总结如下:(1)榄香烯的化学成分与药物研究。榄香烯是一类结构相关的天然倍半萜的总称,分为 $\alpha$ -榄香烯、 $\beta$ -榄香烯、 $\gamma$ -榄香烯和 $\delta$ -榄香烯四种异构体,其中以 $\beta$ -榄香烯为发挥其作用功效的主要成分。中医古籍经典明确记录莪术为活血化瘀的经典中药,现已被研究的药用价值主要有促进血液循环、化瘀血、消肿和缓解疼痛等功效<sup>[29]</sup>。(2)榄香烯的生物活性与机制研究。榄香烯的分子生物学机制涉及多个层面,如 $\beta$ -Elemene能抑制肾上腺皮质癌细胞增殖和迁移,并通过上调miR-486-3p靶向NPTX1轴诱导细胞凋亡<sup>[30]</sup>; $\beta$ -榄香烯能通过Akt/mTOR

信号轴介导的自噬促进小胶质细胞M2样极化对抗缺血性中风<sup>[31]</sup>; $\beta$ -Elemene能抑制骨肉瘤干细胞干性并逆转其化疗耐药性,调节Akt/FOXO1信号通路和免疫功能<sup>[32]</sup>等。(3)肿瘤疾病及新型衍生产品研究。榄香烯作为传统中药的代表性活性成分和临床批准的抗癌药物,在抗肿瘤治疗领域展现出极具前景的应用价值。如ELE水凝胶作为一种具有受控药物释放动力学的榄香烯新型衍生产品,可以使ELE在局部病变部位长时间保持有效浓度,以提高ELE的生物利用度。在术后乳腺癌复发和转移的模型中,ELE水凝胶显示出96%的复发抑制率;相比之下,游离ELE纳米药物的复发抑制率仅为65.5%<sup>[32]</sup>。除此之外,国内外诸多研究报道,榄香烯及其新型衍生产品对非小细胞肺癌<sup>[33]</sup>、胃癌<sup>[34]</sup>及宫颈癌<sup>[35]</sup>等多种肿瘤类型具有显著疗效。

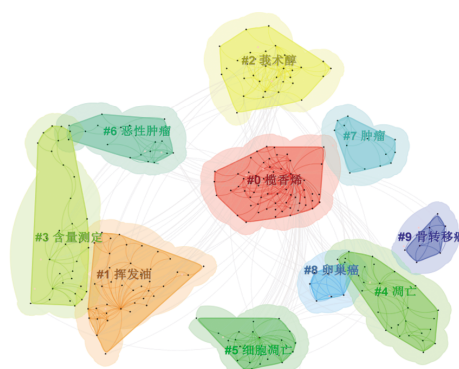


图 8 中文文献关键词聚类网络

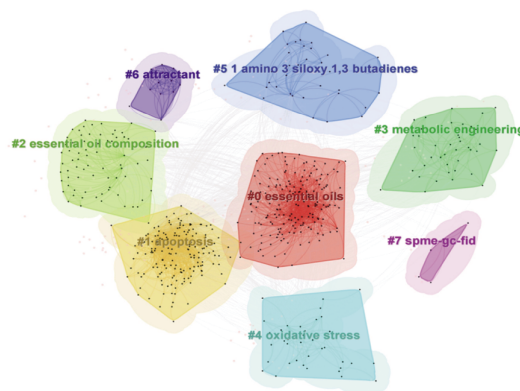


图 9 英文文献关键词聚类网络

2.3.3 关键词突现分析 突现词是某一段时间内频数突增的关键词。关键词突现分析能够有效识别特定时间段内出现频数显著增长的关键词群集,从而在时间维度上揭示学科领域的研究热点迁移轨迹,为深入把握学科发展动态提供量化依据<sup>[36-37]</sup>。中文文献关键词突现结果显示,增殖是榄香烯研究领域突出强度最大的关键词,同时也是突现时间最长的关键词(见图10)。目前,仍处于突现状态的关键词是真实世界。英文文献关键词突现结果显示,germacrene d是突现强度最大的关键词;arrest是突现时间最长的关键词,为10年。growth、beta caryophyllene、anticancer和network pharmacology目前仍处于突现状态。(见图11)

Top 20 Keywords with the Strongest Citation Bursts

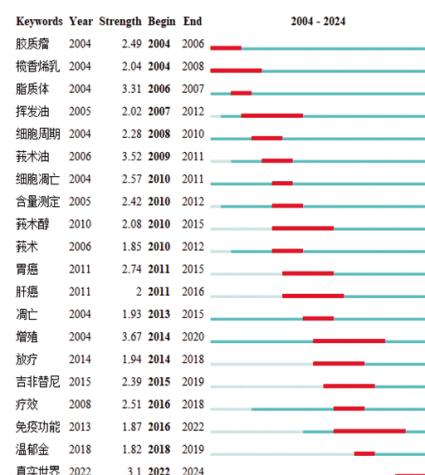


图 10 中文文献关键词突现

Top 20 Keywords with the Strongest Citation Bursts

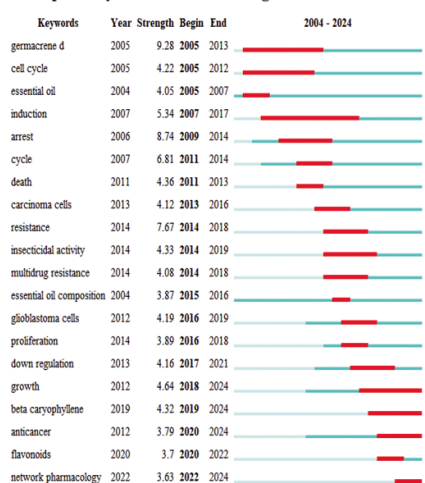


图 11 英文文献关键词突现

2.3.4 关键词时间线分析 基于关键词聚类图谱,结合时间线分析,可以更加直观地揭示研究方向的时序演变规律<sup>[38]</sup>。通过对不同时间段内关键词的分布和关联性进行系统分析,能够清晰地展现各研究领域的兴起、发展及交叉融合趋势,从而为把握学科发展脉络和预测未来研究方向提供重要依据。

将纳入的关键词结合发表时间聚类,得出榄香烯中文关键词时间线图(见图12)。由图可知,对榄香烯相关领域的研究至今仍未停止,20年间持续保持热点状态,始终是学术界关注的焦点。细胞凋亡的研究热度在2023年出现断崖式下降。“肿瘤”这一关键词主要出现在2009—2024年,骨转移癌是此领域新兴的研究热点。使用同样的方法得出英文关键词时间线图,如图13所示。2004—2024年,essential oils一直是该领域备受瞩目的研究热点,相关研究内容层出不穷。2005—2024年,apoptosis的关注度一直较高,1 amino 3 siloxy 1 and 3 butadienes在2018年开始遇冷。截至2024年12月31日,对essential oils,apoptosis,metabolic engineering,oxidative stress的研究方兴未艾,创新成果持续涌现。



图 12 中文文献关键词时间线图

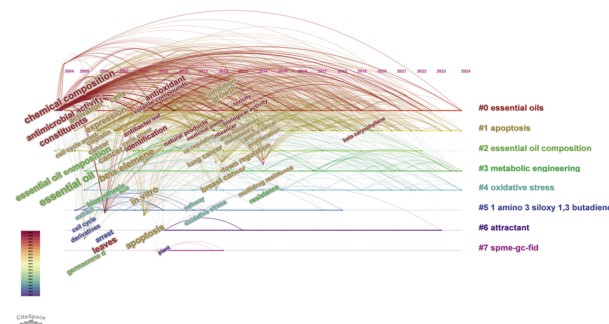


图 13 英文文献关键词时间线图

### 3 讨 论

3.1 文献计量信息分析 年度发文量是衡量学术领域的重要指标,可在一定程度上反映该领域学术研究发展速度和研究热度。2004—2024年间榄香烯研究领域发文量总体呈现上升趋势。英文文献发文量较大,明显大于中文且差距逐渐拉大,呈现榄香烯国际化趋势。2022—2024年年平均发文量超过100篇,说明研究学者对此领域具有较高的关注度,提示榄香烯研究领域具有较好的发展前景。中英文发文量第一的作者均为来自杭州师范大学的谢恬。从核心作者发文数量及合作关系上看,该领域的核心作者之间相互形成多个稳定的研究团队,21名中文和2名英文核心作者之间相互形成了多个结构较为稳定的研究团队,不同团队间的交流较为密切频繁,合作处于相对稳定状态。榄香烯研究领域的机构主要来自医院和大学,英文文献发文量前10的10所机构中有6所来自中国,说明我国多个研究机构十分重视该领域的研究,并具有显著的地域特征。中英文关键词显示,榄香烯的研究热点主要集中于活性成分分析、榄香烯衍生产品和抗肿瘤作用层面,其中主要成分 $\beta$ -榄香烯为中英文文献出现频数最高的关键词。

3.2 研究热点与前沿分析 通过对中英文排名前10的期刊及其被引频次的分析,结合10篇中文文献的系统总结发现,所有文献的研究重点均直接或间接聚焦于榄香烯显著的抗肿瘤作用,充分证实了该化合物在肿瘤防治领域的突出贡献。同样,被引频次前10名的英文文献的研究主题均围绕榄香烯的显著抗肿瘤作用展开,依次是非小细胞肺癌、卵巢癌、胶质母细胞瘤、胃癌、黑色素瘤、前列腺癌、肾癌等多种肿瘤类型。这一研究现状表明,榄香烯的抗肿瘤作用研究已在国内外学术界获得广泛关注与高度重视。

对关键词共现和被引频次较高的文献进行分析,可知榄香烯的研究热点大体可分为以下几个方面:(1)挥发油的药理活性。作为挥发油的关键活性成分之一<sup>[39]</sup>,榄香烯通过其显著的抗肿瘤、抗炎及抗菌<sup>[40]</sup>等多重生物活性,协同提升了挥发油的整体药理功效。特别是在抗肿瘤作用方面,榄香烯的独特药理机制不仅直接贡献于挥发油的抗癌效能,更通过与其他成分的相互作用,显著增强了挥发油的临床应用价值。(2)显著的抗肿瘤作用。 $\beta$ -榄香烯已成为抗肿瘤研究中不可或缺的一部分,并已被确立为潜在的抗癌剂<sup>[41]</sup>。 $\beta$ -榄香烯的主要分子机制是抑制肿瘤生长和增殖,诱导细胞凋亡,抑制肿瘤细胞侵袭和转移,增强化疗药敏感性,逆转多药耐药(MDR),还可以通过促进红细胞免疫功能,抑制肿瘤干细胞样作用,改变肿瘤炎症环境和肿瘤微环境等来发挥其抗肿瘤能力<sup>[42-44]</sup>。(3)新型衍生产品。 $\beta$ -榄香烯已在国内通过静脉注射、腔内或腹腔灌注等方式开发成为治疗实体肿瘤、癌性腹水的新药。随着榄香烯作用机制的深入解析,研究者通过分子修饰提升生物活性,例如开发 $\beta$ -榄香烯哌嗪衍生物<sup>[45]</sup>、 $\beta$ -榄香烯羟基化衍生物<sup>[46]</sup>等,同时通过技术融合创新改善靶向性,例如构建纳米递送系统<sup>[47]</sup>、应用热疗策略<sup>[48]</sup>等,从而开发出系列创新性衍生产品,在新型药物递送系统和靶向治疗策略等领域实现多维突破。这些衍生物不仅显著拓展了榄香烯类化合物的治疗窗口,更在精准医疗领域架起了基础研究向临床实践转化的桥梁。

#### 4 结 论

榄香烯是一个活跃且不断发展的研究领域,已成为天然药物研究的热点之一。近20年间吸引了大量研究学者的关注和深入挖掘,创新成果持续涌现。

当前,榄香烯的研究焦点主要在其有效成分的测定和抗肿瘤作用机制的分析上。 $\beta$ -榄香烯作为发挥作用功效的主要成分,具有促进血液循环、化瘀消肿、缓解疼痛等多重药用价值,尤其在抗肿瘤治疗领域展现出广阔的应用前景。从分子生物学机制来看,榄香烯通过多靶点、多途径发挥其抗肿瘤作用。研究发现, $\beta$ -榄香烯能够显著抑制肾上腺皮质癌细胞的增殖和迁移,其作用机制与上调miR-486-3p/靶向NPTX1轴诱导细胞凋亡密切相关。在神经系统疾病方面, $\beta$ -榄香烯可通过调控Akt/mTOR信号轴介导的自噬过程,促进小胶质细胞M2样极化,从而对抗缺血性中风。此外,在骨肉瘤治疗中, $\beta$ -榄香烯可通过调节Akt/FOXO1信号通路和免疫调节机制,有效抑制骨肉瘤干细胞干性并逆转其化疗耐药性。

在与其他抗癌药物的对比中,榄香烯展现出独特优势:相比于紫杉醇等植物药,它的副作用更小<sup>[49,51]</sup>;与PD-1等靶向类药物相比,它的适用人群更广且不易耐药。然而,榄香烯也存在一些局限,主要表现在以下几个方面:(1)单独使用效果并不理想,需与其他治疗配合使用则疗效更佳<sup>[4]</sup>;(2)目前主要为静脉制剂,使用不便;(3)目前对于晚期肿瘤的复发转移等抑制疗效有限。总体而言,榄香烯作为“天然化疗药”,在安全性、多靶点协同、抗转移方面展现独特价值,但其临床地位仍处于“辅助治疗补充剂”阶段。展望未来,该领域的研究将重点关注以下几个方面:(1)深入阐明榄香烯的作用机制,探

索新的分子靶点,如结合现代分子生物学技术,通过基因编辑和蛋白组学分析,系统研究榄香烯对肿瘤细胞凋亡、自噬等关键通路的影响;(2)开发更具靶向性和生物利用度的新型衍生物,如采用计算机辅助药物设计方法,重点开发针对肺癌、胃癌等特定肿瘤类型的衍生物,并通过纳米载体技术提高其靶向性;(3)开展高质量临床研究,优化治疗方案,如设计多中心随机对照临床试验,重点比较榄香烯联合化疗在不同分期肿瘤患者中的疗效差异,建立个体化用药方案;(4)推进研究成果的临床转化应用,如联合中医辨证分型,开展真实世界研究,探索榄香烯在气虚血瘀、痰湿蕴结等不同证型肿瘤患者中的疗效特点,促进中西医结合治疗方案优化。随着研究的不断深入,榄香烯有望在肿瘤治疗领域发挥更大的作用,为患者带来更多治疗选择,进一步挖掘其潜在价值和临床应用。

#### 参考文献

- [1] ZHAI B T, ZENG Y Y, ZENG Z W, et al. Drug delivery systems for elemene, its main active ingredient  $\beta$ -elemene, and its derivatives in cancer therapy[J]. Int J Nanomedicine, 2018, 13: 6279-6296.
- [2] WANG G, LI X, HUANG F, et al. Antitumor effect of beta-elemene in non-small-cell lung cancer cells is mediated via induction of cell cycle arrest and apoptotic cell death[J]. Cell Mol Life Sci, 2005, 62(7-8): 881-893.
- [3] CHEN P, LI X J, ZHANG R N, et al. Combinative treatment of  $\beta$ -elemene and cetuximab is sensitive to KRAS mutant colorectal cancer cells by inducing ferroptosis and inhibiting epithelial-mesenchymal transformation[J]. Theranostics, 2020, 10(11): 5107-5119.
- [4] CHANG Z W, GAO M, ZHANG W J, et al. Beta-elemene treatment is associated with improved outcomes of patients with esophageal squamous cell carcinoma [J]. Surg Oncol, 2017, 26(4): 333-337.
- [5] ZHAO Q, CHEN L, ZHANG X, et al.  $\beta$ -elemene promotes microglial M2-like polarization against ischemic stroke via AKT/mTOR signaling axis-mediated autophagy[J]. Chin Med, 2024, 19(1): 86.
- [6] ZHANG W L, CHEN L, GENG J, et al.  $\beta$ -elemene inhibits oxygen-induced retinal neovascularization via promoting miR-27a and reducing VEGF expression [J]. Mol Med Rep, 2019, 19(3): 2307-2316.
- [7] ZHOU Y, XIE M, SONG Y, et al. Two traditional Chinese medicines curcuma *Radix* and curcuma *rhizoma*: An ethnopharmacology, phytochemistry, and pharmacology review[J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2016, 2016: 4973128.
- [8] MA C X, ZHOU W, YAN Z Y, et al.  $\beta$ -Elemene treatment of glioblastoma: A single-center retrospective study[J]. Onco Targets Ther, 2016, 9: 7521-7526.



- [9] YAO Y, CHEN J J, JIAO D C, et al. Elemene injection combined with transcatheter arterial chemoembolization for unresectable hepatocellular carcinoma: A meta-analysis[J]. *Medicine*, 2019, 98(44): e17813.
- [10] 王桂梅. 中国知网与万方中文医学期刊数据库比较研究[J]. *图书情报导刊*, 2016, 1(9): 123-126.
- [11] MEHO L I, YANG K. Impact of data sources on citation counts and rankings of LIS faculty: Web of science versus *Scopus* and *googlescholar*[J]. *J Am Soc Inf Sci Technol*, 2007, 58(13): 2105-2125.
- [12] CHENG K M, ZHOU Y, WU H Y. Bibliometric analysis of global research trends on monkeypox: Are we ready to face this challenge? [J]. *J Med Virol*, 2023, 95 (1): e27892.
- [13] AHMAD P, SLOTS J. A bibliometric analysis of peri-odontology[J]. *Periodontol* 2000, 2021, 85(1): 237-240.
- [14] ARIA M, CUCCURULLO C. *bibliometrix*: An R-tool for comprehensive science mapping analysis[J]. *J Informetr*, 2017, 11(4): 959-975.
- [15] TAN Y Q, SONG Q. Research trends and hotspots on the links between caveolin and cancer: Bibliometric and visual analysis from 2003 to 2022[J]. *Front Pharmacol*, 2023, 14: 1237456.
- [16] 田佳旭, 吴浩然, 王玥玥, 等. 基于文献计量学的苍术研究热点可视化分析[J]. *中医药导报*, 2025, 31(1): 136-142, 163.
- [17] CHEN C M. CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature[J]. *J Am Soc Inf Sci Technol*, 2006, 57(3): 359-377.
- [18] 申佰轩, 王婉莹, 李映, 等. 2009—2023年全球药物生殖和发育毒性研究的热点归纳与趋势[J]. *药物评价研究*, 2025, 48(2): 477-495.
- [19] 张智龙, 陈天鑫, 杨胜平, 等. 1982—2022年中医药干预脊髓损伤研究热点可视化分析[J]. *中国中医药信息杂志*, 2024, 31(5): 47-54.
- [20] 林海清, 柯文辉, 翁志辉. 学术论文被引和下载频次的年代分布及相关性研究: 以《福建农业学报》为例[J]. *农业图书情报学刊*, 2013, 25(8): 67-71.
- [21] 花文峰, 蔡绍晖.  $\beta$ -榄香烯抗肿瘤作用的基础与临床研究[J]. *中药材*, 2006, 29(1): 93-97.
- [22] 赵金凤, 周春兰, 韩陆, 等. 没药研究进展[J]. *中国药房*, 2011, 22(7): 661-665.
- [23] LI X, WANG G, ZHAO J, et al. Antiproliferative effect of beta-elemene in chemoresistant ovarian carcinoma cells is mediated through arrest of the cell cycle at the G2-M phase [J]. *Cell Mol Life Sci*, 2005, 62 (7-8): 894-904.
- [24] WANG S C, ZHANG L L, JIN Z S, et al. Visualizing temporal dynamics and research trends of macrophage-related diabetes studies between 2000 and 2022: A bibliometric analysis[J]. *Front Immunol*, 2023, 14: 1194738.
- [25] 罗纯, 庄培钧, 郭家庚, 等. 基于VOSviewer和CiteSpace药食同源中药肉桂研究进展知识图谱可视化分析[J]. *中草药*, 2024, 55(16): 5596-5608.
- [26] 陈瑶, 曾雪扬, 杨丰文, 等. 基于CiteSpace的中医药领域网状Meta分析的研究热点可视化分析[J]. *中国中药杂志*, 2020, 45(18): 4500-4509.
- [27] 刘胜京, 高庆和, 邓楹君, 等. 基于知识图谱中医药诊治慢性前列腺炎研究现状分析[J]. *中国中西医结合杂志*, 2021, 41(7): 817-822.
- [28] 张家和, 赵东升, 高明周, 等. 基于CiteSpace的逍遥散研究现状及未来发展趋势文献计量学分析[J]. *药物评价研究*, 2025, 48(1): 194-207.
- [29] FU Z Y, LIU H, KUANG Y Q, et al.  $\beta$ -elemene, a sesquiterpene constituent from *Curcuma phaeocalis* inhibits the development of endometriosis by inducing ferroptosis via the MAPK and STAT3 signaling pathways[J]. *J Ethnopharmacol*, 2025, 341: 119344.
- [30] LIN Y, GUO T L, CHE L S, et al.  $\beta$ -elemene inhibits adrenocortical carcinoma cell proliferation and migration, and induces apoptosis by up-regulating miR-486-3p/ targeting NPTX1 axis[J]. *Mol Carcinog*, 2025, 64(4): 691-702.
- [31] ZHANG S C, XING Z J, KE J. Using  $\beta$ -Elemene to reduce stemness and drug resistance in osteosarcoma: A focus on the AKT/FOXO1 signaling pathway and immune modulation[J]. *J Bone Oncol*, 2025, 50: 100655.
- [32] XIAN J, XIAO F, ZOU J H, et al. Elemene hydrogel modulates the tumor immune microenvironment for enhanced treatment of postoperative cancer recurrence and metastases[J]. *J Am Chem Soc*, 2024, 146(51): 35252-35263.
- [33] ZHAO L P, WANG H J, HU D, et al.  $\beta$ -Elemene induced ferroptosis via TFEB-mediated GPX4 degradation in EGFR wide-type non-small cell lung cancer[J]. *J Adv Res*, 2024, 62: 257-272.
- [34] LIU Y G, DU F, CHEN B, et al. A meta-analysis of randomized controlled trials examining the efficacy and safety of elemene in combination with chemotherapy for the treatment of gastric cancer[J]. *EXPLORE*, 2025, 21(1): 103076.
- [35] WANG Y, WANG J K, HUANG C B, et al. M1 macrophage-membrane-cloaked paclitaxel/ $\beta$ -elemene nanoparticles targeting cervical cancer for enhanced therapy[J]. *Int J Pharm X*, 2024, 8: 100276.
- [36] WANG J Y, ZHAO W L, ZHANG Z, et al. A journey of challenges and victories: A bibliometric worldview of nanomedicine since the 21st century[J]. *Adv Mater*, 2024, 36(15): e2308915.

(下转第201页)

- 药效学研究[J].药物评价研究,2024,47(7):1466-1474.
- [52] GONG Q, YIN J L, WANG M L, et al. Anemoside B4 exerts hypoglycemic effect by regulating the expression of GLUT4 in HFD/STZ rats[J]. *Molecules*,2023,28(3):968.
- [53] WANG C M, LIN Z H, LIN Z Q, et al. Anemoside A3 rapidly reverses depression-like behaviors and weakening of excitatory synaptic transmission in mouse models of depression[J]. *J Psychopharmacol*,2019,33(1):37-50.
- [54] 罗臻坤.一种激活人体休眠干细胞、延缓衰老的中药组合物:CN102274468A[P].2012-10-10.
- [55] 高红伟,杨世林.白头翁皂苷组合物及其在制备抗衰老的食品或药物中的应用:CN114931582B[P].2022-08-09.
- [56] 邹晓静,郝燕燕,胡一迪,等.白头翁皂苷A通过调控miR-24-3p/RNF2的表达影响乳腺癌细胞增殖及放射敏感性[J].*中国病理生理杂志*,2020,36(5):865-870.
- [57] 褚乔,王小娜,续佳颖,等.白头翁皂苷D通过多靶点和多途径抑制三阴性乳腺癌侵袭转移[J].*南方医科大学学报*,2025,45(1):150-161.
- [58] 潘炜娟,丁玲.不同浓度白头翁皂苷对口腔鳞癌细胞增殖、迁移和钙蛋白酶1、E-cadherin、N-cadherin蛋白的影响[J].*中国药师*,2018,21(6):984-988.
- [59] YANG H, CHEN X W, SONG X J, et al. Baitouweng decoction suppresses growth of esophageal carcinoma cells through miR-495-3p/BUB1/STAT3 axis[J]. *World J Gastrointest Oncol*,2024,16(7):3193-3210.
- [60] WU R, XI Z C, LIU M F, et al. *Pulsatilla* Decoction and its bioactive component  $\beta$ -peltatin induce G2/M cell cycle arrest and apoptosis in pancreatic cancer[J]. *Chin Med*,2023,18(1):61.
- [61] BU Y, LI Z X, WANG C, et al. Anemoside B4 targets RAGE to attenuate ferroptosis in sepsis-induced acute lung injury[J]. *Front Pharmacol*,2025,16:1590797.
- [62] 刘传鑫,孔娇.体质毒理学:中药安全性评价的新方向[J].*世界科学技术-中医药现代化*,2023,25(12):3776-3784.

(收稿日期:2025-08-30 编辑:罗英姣)

## (上接第193页)

- [37] 洪靖,卢从飞,黄晨宸,等.材料生物力学研究热点与态势的可视化分析[J].*中国组织工程研究*,2024,28(15):2358-2363.
- [38] 凌娜,郭春秋,田海燕,等.基于文献计量学的沙棘多糖研究现状与发展动态的可视化分析[J].*中草药*,2024,55(20):7047-7061.
- [39] HASHIM G M, ALMASAUDI S B, AZHAR E, et al. Biological activity of *Cymbopogon schoenanthus* essential oil[J]. *Saudi J Biol Sci*,2017,24(7):1458-1464.
- [40] DRAGE S, MITTER B, TRÖLS C, et al. Antimicrobial drimanesesquiterpenes and their effect on endophyte communities in the medical tree *Warburgia ugandensis*[J]. *Front Microbiol*,2014,5:13.
- [41] CHEN Y, ZHU Z P, CHEN J, et al. Terpenoids from *CurcumaRhizoma*: Their anticancer effects and clinical uses on combination and versus drug therapies [J]. *Biomed Pharmacother*,2021,138:111350.
- [42] XIE Q, LI F Z, FANG L, et al. The antitumor efficacy of  $\beta$ -elemene by changing tumor inflammatory environment and tumor microenvironment[J]. *Biomed Res Int*,2020,2020:6892961.
- [43] BAI Z Q, YAO C S, ZHU J L, et al. Anti-tumor drug discovery based on natural product  $\beta$ -elemene: Anti-tumor mechanisms and structural modification [J]. *Molecules*,2021,26(6):1499.
- [44] JIANG H, MA S L, FENG J G. *In vitro* study of radiosensitization by  $\beta$ -Elemene in A549 cell line from adenocarcinoma of lung[J]. *Chin Ger J Clin Oncol*,2009,8(1):12-15.
- [45] YU Z Y, WANG R, XU L Y, et al.  $\beta$ -Elemenepiperazine derivatives induce apoptosis in human leukemia cells through downregulation of c-FLIP and generation of ROS[J]. *PLoS One*,2011,6(1):e15843.
- [46] HE X R, ZHUO X T, GAO Y, et al.  $\beta$ -Elemene derivatives produced from SeO(2)-mediated oxidation reaction[J]. *R Soc Open Sci*,2020,7(5):200038.
- [47] CHEN W, LIU C, JI X Y, et al. Stanene-based nanosheets for  $\beta$ -elemene delivery and ultrasound-mediated combination cancer therapy[J]. *Angew Chem Int Ed*,2021,60(13):7155-7164.
- [48] JI X Y, TANG Z M, LIU H J, et al. Nanoheterojunction-mediated thermoelectric strategy for cancer surgical adjuvant treatment and  $\beta$ -elemene combination therapy[J]. *Adv Mater*,2023,35(8):e2207391.
- [49] ZHAI B T, ZHANG N N, HAN X M, et al. Molecular targets of  $\beta$ -elemene, a herbal extract used in traditional Chinese medicine, and its potential role in cancer therapy: A review[J]. *Biomed Pharmacother*,2019,114:108812.

(收稿日期:2025-03-22 编辑:时格格)