

## 前胡产地与市场调研及研究热点与趋势可视化分析

刘天亮<sup>1,2</sup>, 江维克<sup>1</sup>, 舒国平<sup>1</sup>, 康传志<sup>3</sup>, 杨昌贵<sup>1</sup>, 周涛<sup>1\*</sup>

1. 贵州中医药大学, 贵州 贵阳 550025

2. 河南中医药大学, 河南 郑州 450046

3. 中国中医科学院 中药资源中心 道地药材国家重点实验室培育基地, 北京 100700

**摘要:** **目的** 通过梳理前胡 *Peucedani Radix* 相关研究文献脉络, 绘制前胡相关研究科学知识图谱, 结合前胡产地与市场调研分析研究现状和问题, 旨在为前胡的后续深入研究和产业发展方向等提供参考和建议。**方法** 采集前胡主产区的气候因子数据、各药材市场前胡价格变化数据进行统计分析, 同时运用 CiteSpace 软件对前胡 20 年来相关的国内外研究进行科研合作、主题共现、共被引分析。**结果** 前胡古今产地基本一致, 目前主要产区主要集中于浙、皖、赣、黔、川、渝等地, 不同产区生态环境、种质资源、种植技术对于前胡药材品质的形成产生着全方位、多层次的影响; 传统前胡药材主要来源于野生资源, 并无商品规格等级之分, 当前市场将前胡分为栽培和野生 2 个规格, 但以栽培前胡为主流商品, 未来前胡价格将呈现两极分化态势。**结论** 基于生态种植理念的栽培技术研究及客观适宜的优质优价体系的建立是前胡产业发展的主流方向, 香豆素类药效成分的生物合成途径解析及转录调控研究是提升前胡品质的重要途径, 复方配伍规律的挖掘和分析以及药效物质基础的研究是前胡现代化研究的重要组成部分。前胡产业化呈现出巨大的发展前景, 其现代化发展与国际化发展任重道远。

**关键词:** 前胡; 文献计量学; 产地调研; 市场调研; 可视化分析

中图分类号: R282.71 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2022)24-7855-09

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2022.24.022

## Visual analysis of research hotspots and trends and research on origin and market of *Peucedani Radix*

LIU Tian-liang<sup>1,2</sup>, JIANG Wei-ke<sup>1</sup>, SHU Guo-ping<sup>1</sup>, KANG Chuan-zhi<sup>3</sup>, YANG Chang-gui<sup>1</sup>, ZHOU Tao<sup>1</sup>

1. Guizhou University of Traditional Chinese Medicine, Guiyang 550025, China

2. Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, China

3. State Key Laboratory Breeding Base of Dao-di Herbs, National Resource Center for Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China

**Abstract: Objective** The scientific knowledge map of Qianhu (*Peucedani Radix*) was drawn by research literature mining, and combined with its origin and market research, the research status and related problems were analyzed, which provided reference and suggestions for the further research and industrial development direction of *Peucedani Radix*. **Methods** The data of climatic factors in the main producing areas and the data of price changes in the medicines markets of *Peucedani Radix* were collected and conventional statistical analysis was carried out. At the same time, CiteSpace software was used to conduct research cooperation, theme co-occurrence and co-citation analysis of the domestic and foreign research on *Peucedani Radix* in the past 20 years. **Results** The results showed that the main production areas of *Peucedani Radix* concentrated in Zhejiang, Anhui, Jiangxi, Guizhou, Sichuan and Chongqing, and were consistent with ancient. The quality of *Peucedani Radix* was significantly affected by the ecological environment, germplasm resources and planting techniques. The traditional medicinal materials of *Peucedani Radix* mainly come from wild resources without classification of commodity specifications and grades. At present, the market divides *Peucedani Radix* into cultivated and wild specifications, but cultivated is the mainstream commodity, and the price of *Peucedani Radix* will be polarized in the future. **Conclusion** The research of ecological planting technology and the establishment of high-quality and high-price system are the development direction of *Peucedani Radix* industry. The analysis of synthesis pathway and transcriptional regulation of coumarins are the ways to

收稿日期: 2022-08-17

基金项目: 中央本级重大增减支项目 (2060302); 贵州省高层次创新型人才项目 (黔科合平台人才 [2018] 5638-2); 贵州省教育厅高等学校重点实验室 (黔教技 [2022] 021 号); 农业农村部现代农业产业技术体系专项 (CARS-21)

作者简介: 刘天亮, 博士研究生, 研究方向为中药质量分析与新药开发。E-mail: 974809832@qq.com

\*通信作者: 周涛, 教授, 博士生导师, 研究方向为中药资源研究与开发。E-mail: taozhou88@163.com

improve the quality of *Peucedani Radix*. The excavation of compound compatibility rules and the study of pharmacodynamic material basis are important parts of the modernization research of *Peucedani Radix*. *Peucedani Radix* industrialization shows great prospects for development, while its modernization and international development has a long way to go.

**Key words:** *Peucedani Radix*; bibliometrics; origin research; market research; visual analysis

前胡 *Peucedani Radix* 为伞形科植物白花前胡 *Peucedanum praeruptorum* Dunn 的干燥根，味苦、辛，微寒，归肺经，具有降气化痰、散风清热的作用，始载于《名医别录》。前胡中主要含有香豆素类、菲醌类、有机酸类、甾醇类及挥发油类等化学成分，其中香豆素类成分是其主要药效成分。前胡传统功效及现代药理作用广泛且显著，不仅在止咳、平喘等传统功效方面，而且在抗肿瘤、强心及心血管疾病防治等现代药理方面发挥着积极作用，具有巨大的治疗潜力及广阔的开发前景<sup>[1]</sup>。近年来，关于前胡化学成分、药理作用、质量标准、生物合成、产地变迁等主题研究的发文量逐年上升<sup>[2-4]</sup>，但未见系统可视化的文献计量学分析报道。科学知识图谱作为科学计量学的新方法，具有“图”和“谱”的双重性质与特征<sup>[5]</sup>；与传统综述相比，绘制科学知识图谱能够更深刻地揭示研究对象或领域发展的现状和趋势、部分与整体的关系。而 CiteSpace 是在科学计量学、数据可视化背景下逐渐发展起来的一款引文可视化分析软件，着眼于分析科学文献中蕴含的潜在知识，在不同学科领域内得到了广泛的应用<sup>[6]</sup>。

本研究以 CiteSpace 软件为主，绘制前胡相关研究科学知识图谱，梳理前胡相关研究文献脉络，并结合前胡产地资源与市场行情调研，以期识别并显示其现状与趋势、突现的动态概念和潜在的研究问题，为后续研究方向提供参考依据和数据支撑。

## 1 前胡产地资源与市场行情调研分析

### 1.1 前胡产地资源调研分析

历史上，前胡产区记载可追溯至汉魏《名医别录》：“生下湿地，出吴兴者为胜”，至宋代《图经本草》载：“今陕西、梁、汉、江淮、荆襄州郡及相州、孟州皆有之”，唐代《日华子本草》载：“越、衢、婺、睦等处皆好”，明代《本草纲目》载：“今最上者，出吴中”。由此可见，前胡产区并未发生较大变迁，主要集中在“吴中、吴兴”，即今浙、赣、皖一带。近年来，市售前胡产区主要分布于安徽、浙江、江西、云南、贵州、四川、重庆、湖南、湖北 9 个地区。其中，安徽省“宁前胡”和浙江省“淳安白花前胡”分别于 2010、2020 年获得“农产品地理标

志”的称号。另外，在中华中医药学会于 2019 年发布的《道地药材标准（157 项）》中规定了道地药材“信前胡”产区，即浙、皖、赣 3 省交界的浙江淳安、临安，安徽宁国、绩溪，江西上饶及周边山区，前胡古今产地基本一致。

为进一步分析前胡产区形成及迁移的生境因素，在“中药资源空间信息网格数据库”（<http://www.tcm-resources.com>）中采集了上述 9 个前胡主产区的主要气候因子数据（1950—1999 年）<sup>[7]</sup>，包括年平均气温（AAT）、1 月平均气温（AT-1）、1 月平均最低气温（LT-1）、7 月平均气温（AT-7）、7 月最高气温（HT-7）、年日照时数（ASH）、年降水量（AP）和年平均相对湿度（ARH），对数据进行聚类分析，见图 1。

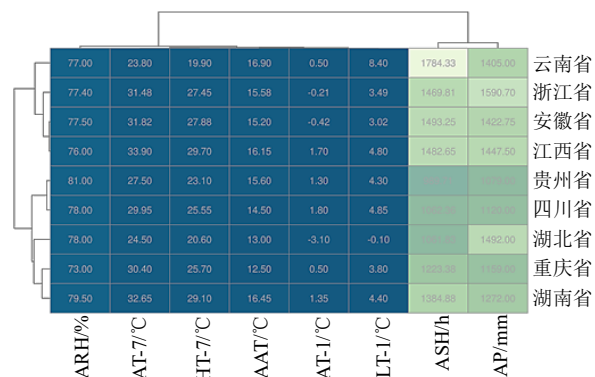


图 1 前胡不同产区气候因子聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis of climatic factors in different producing areas of *Peucedani Radix*

结果表明产区气候可分为 5 类，具有明显的地域特征：浙江、安徽、江西聚为一类（G1），贵州、四川聚为一类（G3），重庆、湖南聚为一类（G4），云南（G2）、湖北（G5）分别单独为一类，与实际前胡主产区形成及辐射产区迁移情况相契合。自《中国药典》2005 年版删去前胡项下“紫花前胡 *Peucedanum decursivum* (Miq.) Maxim.”这一基原并且新增含量测定项“含白花前胡甲素（ $C_{21}H_{22}O_7$ ）不得少于 0.90%”，为满足前胡市场供需，以千岛湖为中心的浙、皖、赣 3 省交界地区，顺势形成了我国第 1 个较为集中的前胡栽培产区；至《中国药典》

2010 年版前胡项下再次增加“含白花前胡乙素 (C<sub>24</sub>H<sub>26</sub>O<sub>7</sub>) 不得少于 0.24%”的标准后,为开拓新兴种植基地,贵州安顺、遵义、铜仁等地引种前胡,形成了第 2 个前胡集中产区;随后,在引种成功的基础上及市场环境的推动下,重庆、四川等地也形成了一定规模的集中产区;至此,形成了目前我国前胡药材的 3 大主要产区<sup>[8]</sup>。

### 1.2 前胡市场行情调研分析

中华中医药学会于 2018 年发布的团体标准《中药材商品规格等级——前胡》(T/CACM 1021.74-2018)中根据药材直径≥1.0 cm 占比数及下部分支多少将前胡药材分为选货和统货。市售前胡主要有栽培、仿野生、野生 3 种来源,而不同来源的前胡之间商品率及合格率差异显著。当前野生前胡虽然商品率及合格率最高,但其产能局限、货源稀缺;仿野生前胡介于栽培与野生之间,栽培前胡由于抽薹、品种退化等诸多问题,商品率及合格率最低,但仍是市场主流商品来源。宏观上,前胡市场行情的涨跌周期,受社会突发事件、自然灾害、国家政策、资本介入等原因所引起的不平衡的“供求关系”主导;微观上,前胡市场行情受“产新期”影响会引起小范围波动,一般在冬至后至第 2 年萌芽前,集中于 12 月至次年 1 月。

为深入了解前胡市场行情变化的主导因素,从“中药材天地网”(https://www.zyctd.com)收集了各药材市场前胡统货与野生品价格数据,绘制价格走势,如图 2 所示。

从 2010 年至今前胡市场价格变化可分为 5 个阶段,分别为价涨量缩的“高峰期”(2010 年初至

2011 年末)、价跌量增的“低谷期”(2012 年初至 2013 年末)、价涨量平的“回暖期”(2014 年初至 2015 年末)、量价齐升的“上升期”(2016 年初至 2017 年末)、量跌价滞的“观望期”(2018 年初至今)。前胡市场周期律约为 3 年,并呈现波动增大、周期拉长的趋势,前胡的量价互动变化过程不同于一般市场逻辑的自然发展规律的良性循环,即“量跌价滞(观望期)→量价齐跌(低谷期)→量升价稳(回暖期)→量价齐升(上升期)→价涨量缩(高峰期)”。前胡市场每一个完整的涨跌周期,所受到的主导因素不同,其中自然灾害与资本介入二者是造成其不平衡“供求关系”的主要原因,而供求关系的失衡也是决定市场行情非自然发展的根本原因。未来前胡价格将呈现两极分化态势,栽培前胡主要受含量因素限制,商品率低价格难有较大突破,仿野生前胡栽培技术尚不成熟,难以形成核心竞争力优势,而野生前胡由于资源匮乏,价格仍有上升空间。

## 2 前胡国内外研究热点与趋势分析

### 2.1 资料与方法

**2.1.1 数据采集** 中文文献来源于中国科学引文数据库 (http://www.sciencechina.cn/scichina2/index.jsp),检索字段为“主题”(包含标题、摘要、作者关键词),以“前胡”为检索词,共检索出 769 条结果,对检索结果进行核查,发现无效文献主题为“欧前胡素”及“异欧前胡素”。重新检索,检索式为 TS=前胡 NOT 欧前胡素,共筛选出 315 条有效结果。

英文文献来源于 Web of Science 核心合集引文数据库 (https://www.webofscience.com/wos/alldb/advanced-search),检索字段为“topic”(包含检索标题、摘要、作者关键词和 keywords plus),检索词为“Qian-Hu”和“*Peucedanum praeruptorum*”,检索式为 TS='Qian-Hu' OR '*Peucedanum praeruptorum*',共检出“150”条有效结果。

以上数据采集时出版日期自定义为“2002 年 1 月 1 日—2022 年 8 月 1 日”。

**2.1.2 数据处理** 以 CiteSpaceV (6.1.R2 Basic) 对所采集的 465 条有效数据进行科研合作、主题共现、共被引分析,设置工程参数 LRF=3.0、L/N=10、LBY=5、e=1.0,根据不同分析深度和方向分别选择合适的时间切片 (time slicing) 与数据阈值 (selection criteria)。

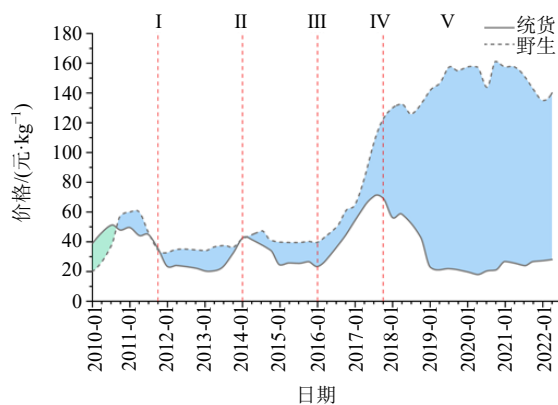


图 2 前胡统货与野生品价格变化 (2010—2022)

Fig. 2 Price changes of gradeless and uniformly-priced goods and wild products *Peucedani Radix* (2010—2022)

**2.1.3 数据可视化** 调整过滤器 (filter)、节点 (nodes)、连线 (links)、标签 (labels) 等参数得前胡中英文科学知识图谱, 图中网络节点之间的远近反映主题内容的亲疏关系, 节点之间的连线代表关联关系的重要程度, 图谱密度表示合作强度, 聚类模块值 (modularity Q) 和平均轮廓值 (silhouette S) 反映网络结构和聚类的清晰度。

**2.2 结果**

**2.2.1 科研合作网络分析** 中文文献作者合作网络 N=165, E=266 (density=0.0197), 表明共纳入中文作者 165 位, 合作关系 266 次, 形成网络密度为 0.0197 的作者合作知识图谱, 见图 3。累计发文量最高的作者为“肖永庆”, 累计发文 9 篇, 发文量 ≥ 5 篇的作者共 15 位 (9.09%), 其中肖永庆、李丽、张村等团队以前胡的化学成分及质量标准研究为主, 其研究结果为《中国药典》2005 年版白花前胡药材的质量标准制定提供了参考依据。

英文文献作者合作网络 N=195, E=612 (density=0.0324), 表明共纳入英文作者 195 位, 合作关系 612 次, 形成网络密度为 0.0324 的作者合作知识图谱, 见图 4。累计发文量最高的作者为“孔令义”, 累计发文 22 篇, 发文量 ≥ 5 篇的作者共 19 位 (9.74%), 其中孔令义、赵玉成、罗俊等团队以白花前胡中香豆素类成分的分离鉴定及药理活性研究为主, 推动了前胡药效成分的合成途径及转录调控的深入开展。

**2.2.2 主题共现网络分析** 中文文献关键词网络共生聚类 69 个, 根据聚类大小及轮廓结果, 对前 10 个聚类进行展示, N=815, E=2318 (density=

0.0070); Q=0.8396, S=0.9288 (Q>0.3, S>0.5)。表明共纳入关键词 815 个, 共现 2318 次, 形成网络密度为 0.0070 的关键词共现聚类网络, 见图 5、6。

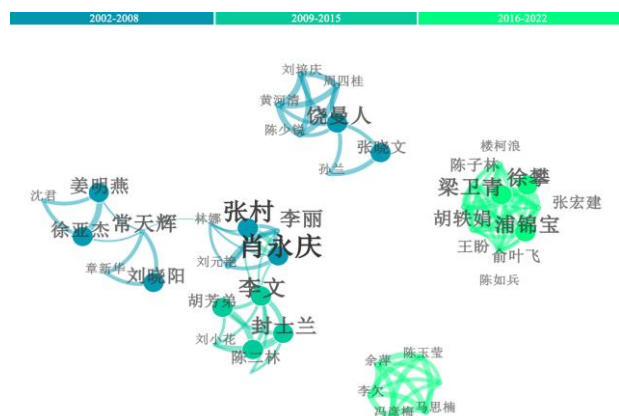


图 3 前胡研究中中文文献作者合作网络  
Fig. 3 Cooperative network of authors of Chinese literature on *Peucedani Radix*

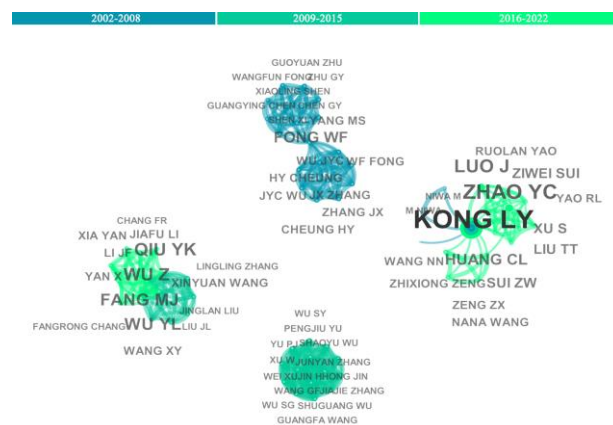


图 4 前胡研究英文文献作者合作网络图  
Fig. 4 Cooperative network of authors of English literature on *Peucedani Radix*

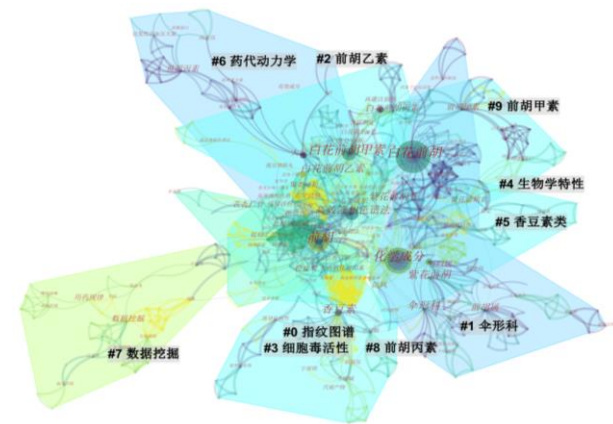


图 5 前胡研究中中文文献关键词共现网络聚类  
Fig. 5 Co-occurrence network clustering of Chinese literature keywords on *Peucedani Radix*

“#0 指纹图谱”一类主要包含高效液相色谱法、薄层色谱法等关键词, 以前胡的产地、种源、采收期的成分差异和质量标准研究为主; “#1 伞形科”和“#4 生物学特性”一类主要包含亲缘关系、野生资源、栽培技术、地理分布等关键词, 以前胡同属及同科植物的系统植物学和生物学特性差异研究为主; “#3 细胞毒活性”和“#6 药代学”一类主要包含香豆素、生物碱、木脂素、谱效关系等关键词, 以前胡中各种有效成分的生物活性及药理作用机制研究为主。“#2 前胡乙素”“#5 香豆素类”“#8 前胡丙素”和“#9 前胡甲素”一类主要包含次生代谢物、



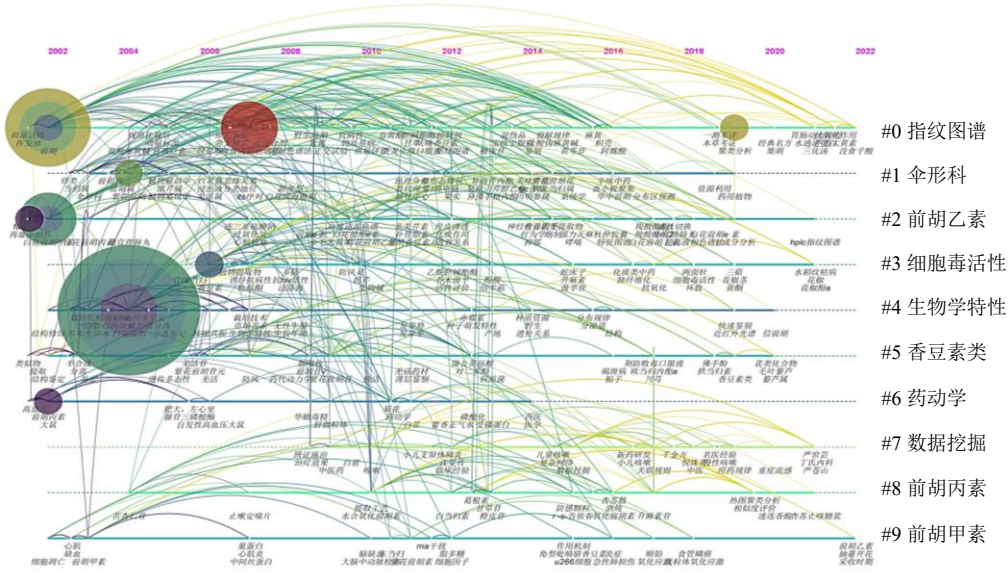


图 6 前胡研究中文文献关键词共现网络时间轴

Fig. 6 Co-occurrence network timeline of Chinese literature keywords on *Peucedani Radix*

结构鉴定、生物合成途径、生物学功能、苯丙烷途径、关键酶等关键词，以前胡香豆素类药效成分的化学结构及合成途径研究为主。“#7 数据挖掘”一类主要包含用药规律、频次分析等关键词，以前胡组方配伍规律进行系统挖掘和分析研究为主。

英文文献关键词聚类网络共生成聚类 58 个，根据聚类大小及轮廓结果，对前 10 个聚类进行展示， $N=722$ ， $E=2850$  (density=0.0109)， $Q=0.8497$ ， $S=0.9168$  ( $Q>0.3$ ， $S>0.5$ )。表明共纳入关键词 722 个，共现 2850 次，形成网络密度为 0.0109 的关键词共现聚类网络，见图 7、8。

“#0 coumarins” “#3 phenylpropanoid pathway” “#4 praeruptorin b” 聚类主要研究前胡中香豆素类成

分合成途径、转录调控和代谢工程，包含 metabolomics、docking、biosynthesis mechanism、transcriptional regulation 等关键词；“#1 anticancer” “#5 pharmacokinetics” “#6 pharmacological activities” 聚类主要研究前胡中有效成分的药理活性及药动学过程，包含 pathway、quantitative metabolome、variable selection、partial least square 等关键词；“#2 airway inflammation” 聚类主要为前胡传统临床功效的药理学研究，包含 asthma、airway hyperresponsiveness 等关键词；“#8 multidrug resistance” “#9 drug-drug interaction” 聚类主要为前胡复方配伍及其相互作用机制研究，包含 herb-drug interaction、rational design、combination therapy、bergaptol *O*-methyltransferase 等关键词；“#7 genetic authentication” 聚类主要研究前胡同属同科植物的遗传多样性，包含 ITS、DNA barcoding 等关键词。

综上所述，对前胡化学成分分离鉴定以及质量标准、指纹图谱等研究至今仍是国内前胡研究的重点，具有中医药特色的组方数据挖掘及用药规律研究亦是新兴的研究热点；相较于国内期刊而言，国外期刊研究重心更加倾向于前胡的合成途径解析及转录调控、药效物质基础及药动学等方面。

2.2.3 共被引与突发分析 中、英文文献共被引聚类网络分别生成聚类 12、13 个，见图 9、10。中文网络  $N=376$ ， $E=1488$  (density=0.0211)， $Q=0.8103$ ， $S=0.9522$ ，其中大小及轮廓较大的聚类分别为#0

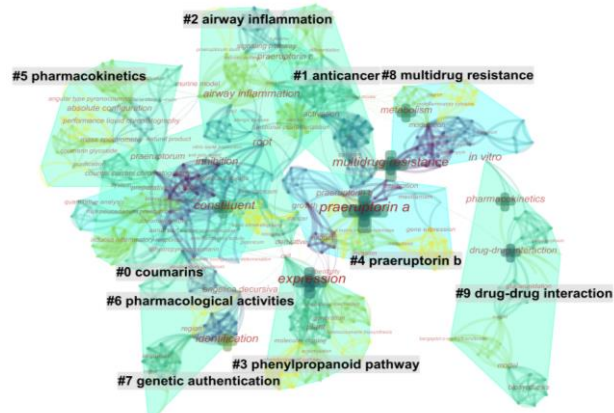


图 7 前胡研究英文文献关键词共现网络聚类

Fig. 7 Co-occurrence network clustering of English literature keywords on *Peucedani Radix*

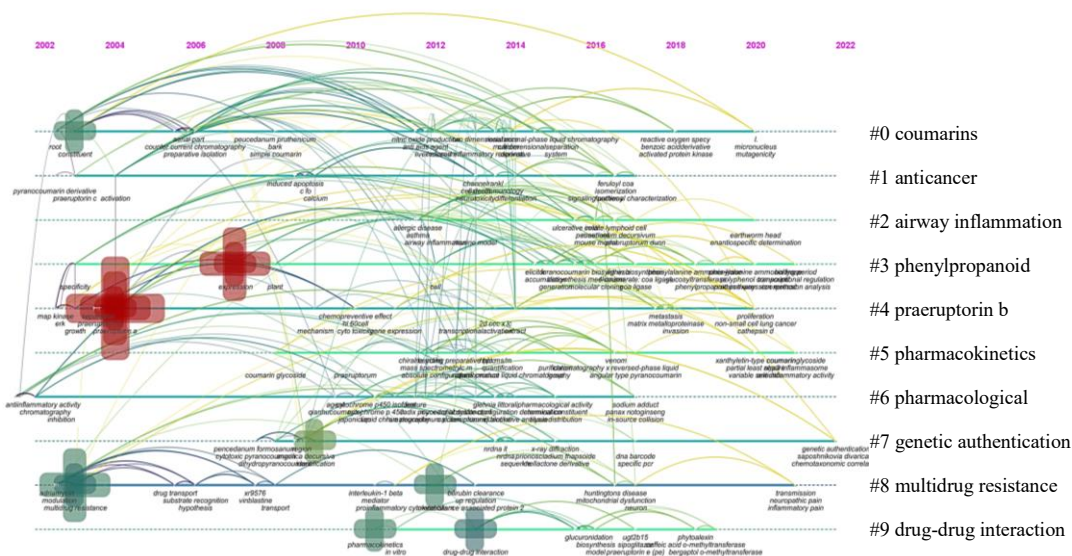


图 8 前胡研究英文文献关键词共现网络时间轴

Fig. 8 Co-occurrence network timeline of English literature keywords on *Peucedani Radix*

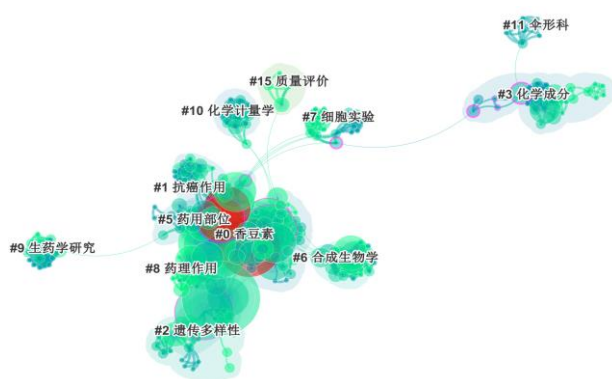


图 9 前胡研究中文文献共被引网络聚类

Fig. 9 Co-citation network clustering of Chinese literature on *Peucedani Radix*

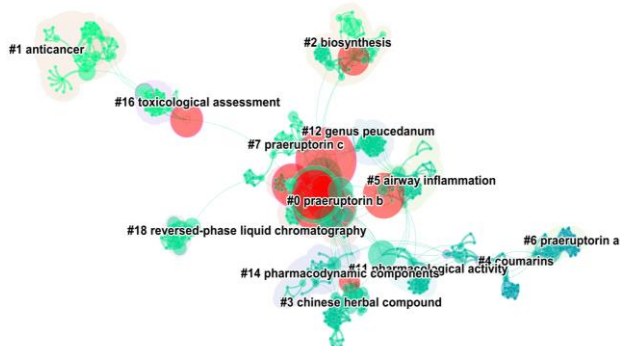


图 10 前胡研究英文文献共被引网络聚类

Fig. 10 Co-citation network clustering of English literature on *Peucedani Radix*

香豆素、#1 抗癌作用、#2 遗传多样性、#3 化学成分、#5 药用部位、#6 合成生物学、#7 细胞实验、#8 药理作用、#9 生药学研究、#10 化学计量学、#11 伞形科、#15 质量评价；英文网络  $N=539$ ,  $E=1766$  ( $density=0.0122$ ),  $Q=0.9140$ ,  $S=0.9723$ , 其中大小及轮廓较大的聚类分别为#0 praeruptorin b、#1 anticancer、#2 biosynthesis、#3 chinese herbal compound、#4 coumarins、#5 airway inflammation、#6 praeruptorin a、#7 praeruptorin c、#11 pharmacological activity、#12 genus peucedanum、#14 pharmacodynamic components、#16 toxicological assessment、#18 reversed-phase liquid chromatography。

对具有被引突发的中文文献内容进行分析，见图 11。其中被引突发最早的 1 篇文献突现时间为 2004—2006 年，饶曼人等<sup>[9]</sup>对前胡香豆素成分进行的药理学研究为前胡质量标准的制定奠定了基础；被引突发最多的 1 篇文献突现时间为 2008—2010 年，张村等<sup>[10-12]</sup>对前胡质量标准的系统性研究丰富了前胡化学成分的研究内容，同时为前胡饮片的临床合理应用提供了科学依据；另外，朱国元等<sup>[13]</sup>、吴文玲等<sup>[14]</sup>、胡轶娟等<sup>[15]</sup>在前胡现代化研究中进行积极地探索，为前胡香豆素类成分的鉴别、前胡药材及其中药复方制剂质量标准的制定提供了参考依据。此外，韩邦兴等<sup>[16]</sup>通过野外调查和栽培观察总结了白花前胡的生物学特性，利用生长发育节律寻找调控其生长年限的关键因素，保证药材质量具



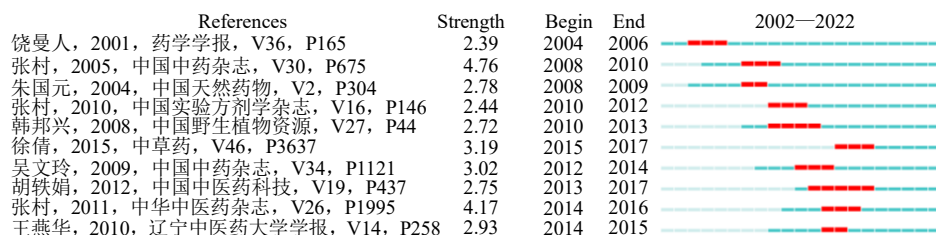


图 11 前胡研究中文文献共被引突现

Fig. 11 Co-citation outburst of Chinese literature on *Peucedani Radix*

有重要意义。徐倩等<sup>[17]</sup>分析了前胡中不同香豆素类化合物并进行初步药效学研究, 为前胡总香豆素的质量控制及新型药理作用的开发提供了理论依据。

对具有被引突发的英文文献进行分析, 见图 12。其中被引突发最早的 1 篇文献突现时间为 2011—2014 年, Zhang 等<sup>[18]</sup>首次建立了测定大鼠血浆中前胡素的简便、特异、灵敏的 LC-MS/MS 方法, 证明了前胡在预防和治疗心脏疾病方面具有广阔前景; 被引突发最多的 1 篇文献突现时间为 2012—2014 年, Xu 等<sup>[19]</sup>首次成功分离、鉴定并证明了右旋白花前胡甲素对离体大鼠主动脉环具有更明显的松弛作用, 阐释了前胡治疗呼吸系统疾病的分子机制。Song 等<sup>[20]</sup>在此基础上开发了一种使用酶水解与

手性 LC-MS/MS 分析相结合的新方法, 以帮助确定角型吡喃香豆素的绝对构型, 对确保其临床安全用药及合理使用提供了重要保障; 另外, Yu 等<sup>[21]</sup>、Xiong<sup>[22]</sup>、Lee 等<sup>[23]</sup>对前胡中吡喃香豆素的分离、鉴定及抗炎、抗哮喘的作用机制进行了初步探索, 证明了前胡中吡喃香豆素类成分可能是针对多药耐药型癌症的新型天然候选药物及潜在生物标志物。此外, Yao 等<sup>[24]</sup>对香豆素生物合成的关键步骤即肉桂酸酯的邻羟基化进行了初步研究, 有助于阐明香豆素骨架及其内酯环化的生物合成机制。Zhao 等<sup>[25]</sup>首次构建了前胡的转录组和代谢组的多组学数据集, 通过对转录物和代谢谱的平行分析, 为研究香豆素的生物合成和转运机制提供了重要的参考依据。

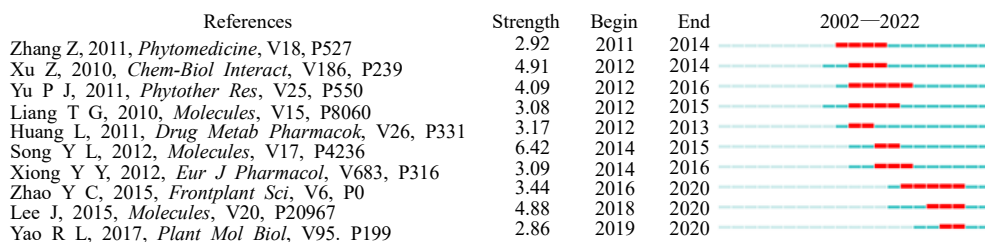


图 12 前胡研究英文文献共被引突现

Fig. 12 Co-citation outburst of English literature on *Peucedani Radix*

### 3 讨论

适宜的生态环境、优质的种质资源、科学合理的种植技术和加工方法是生产合格前胡的必备条件。产地调研结果表明, 前胡在我国主要分布于北纬 25.1211°~31.3986°, 东经 109.5702°~99.1658°, 其中以浙、皖、赣为中心的的地区是白花前胡主要产区, 平均产量约 1500 t, 占全国总产量近 50%; 其次是以川、黔、渝等为代表的前胡新兴产区。不同产区的生态环境、种质资源、种植技术对于前胡药材品质的形成产生着全方位、多层次的影响, 除此之外, 前胡有效成分的含量和环境因子亦密切相关,

其中 ARH、HT-7、AAT 和 AT-7 是影响前胡总香豆素和白花前胡甲素、乙素等有效成分含量的主要气候因子<sup>[7]</sup>; 而除气候因子外, 锌、铁、铜、全磷、全钠含量以及 pH 值是主导前胡有效成分含量的关键土壤因子<sup>[26]</sup>。另外, 不同层次尺度下中药材次生代谢产物的生态主导因子不同, 所以环境因子对前胡有效成分影响的机制仍有待进一步探索, 对于前胡道地性研究及引种栽培具有重要指导意义。

优质药材规格等级标准的深入研究和客观适宜的优质优价体系的建立是前胡产业中亟待解决的问题。市场行情分析显示, 前胡作为化痰止咳平喘药

类常用中药,年需求量目前达 2200 t 以上,药智数据库 (<https://db.yaozh.com>) 中收录以前胡为原料药的中药方剂 521 种、中成药 185 种,其中太极止咳口服液、川贝枇杷止咳露、哮喘丸、止咳宝片、肺力咳胶囊等为多家药企的拳头产品。目前,白花前胡野生资源主要分布在千岛湖及其周边的核心产区,生长年限一般为 3 年以上,品质较好,但资源储量远不能满足市场需求;为缓解市场需求矛盾,近年来前胡仿野生栽培试点成功,以安徽宁国产量居首,但在该模式下需生长至 2 年及以上才能保证合格率,而且由于前胡对生长环境要求比较严格,从而限制了该技术的大规模开展;栽培品前胡在各大产区均有相当的分布,但共性问题是白花前胡甲素、乙素双达标的合格货源稀缺。因此,前胡栽培技术研究、商品等级划分是前胡优质优价体系建立及产业化发展的关键所在,亦是后续研究的重点。

香豆素类药效成分的生物合成途径解析及转录调控研究是提升前胡品质的重要途径,复方配伍规律的挖掘和分析以及药效物质基础的研究和阐明是前胡现代化研究的重要组成部分。前胡中主要活性成分为香豆素类成分包括白花前胡甲素、乙素,主要由苯丙烷途径代谢生成。前胡早期抽薹对其次生代谢产物积累有着显著影响,抽薹期后进入生殖生长,前胡根部逐渐木质化,香豆素类成分含量迅速下降,因此以分子生物学原理和技术揭示前胡抽薹机制及调控途径是解决前胡生产问题的关键途径。同时,白花前胡甲素、乙素作为前胡的指标成分或质量标志物,因其广泛的药理活性而备受关注,如钙拮抗剂活性、抗炎、平喘、血管舒张和抗过敏、心脏保护、保肝、抗肿瘤和抗血小板聚集活性等<sup>[4]</sup>。所以开展白花前胡甲素、乙素生物合成和调控的关键基因或转录因子研究,可为前胡研究领域内合成生物学技术奠定基础,以解决其药源成分短缺的问题<sup>[27]</sup>。近年来,有研究发现天然和半合成前胡素衍生物具有抗癌细胞多药耐药性的潜在作用,也预示着前胡新药挖掘和开发的巨大潜力和优势。

综上,前胡的研究仍处于发展时期,前胡现代化与国际化发展任重而道远。本研究基于多元、分时、动态的引文分析可视化技术所绘制的 CiteSpace 知识图谱,对前胡相关研究的历史、现状、动态、发展、发现、观点等进行了系统分析,以期拓宽视觉思维方式向深度和广度的变革,使读者及相关研究人员能更加快速、深入且全面地了解前胡研究热

点、前沿和趋势及不同研究团队对前胡研究的不同侧重点,旨在为前胡的深入研究和未来选题提供一定的参考价值。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

- [1] 王帅,石燕红,王瑞,等. 中药前胡中香豆素类化学成分及其分析方法、药理作用研究进展 [J]. 上海中医药杂志, 2022, 56(9): 89-99.
- [2] 邱国玉,李运,李晓春,等. 前胡类药材的化学成分及质量控制方法研究 [J]. 中国药事, 2019, 33(4): 446-459.
- [3] 江康丽,杜伟锋,应泽茜,等. 中药前胡产地变迁、炮制沿革及质量控制的研究进展 [J]. 中华中医药杂志, 2021, 36(9): 5416-5420.
- [4] 宋芷琪,李斌,田琨宇,等. 前胡与紫花前胡的化学成分和药理作用研究进展 [J]. 中草药, 2022, 53(3): 948-964.
- [5] 陈悦,陈超美,刘则渊,等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能 [J]. 科学学研究, 2015, 33(2): 242-253.
- [6] 肖明,邱小花,黄界,等. 知识图谱工具比较研究 [J]. 图书馆杂志, 2013, 32(3): 61-69.
- [7] 徐攀,梁卫青,张宏建,等. 前胡有效成分含量与气候因子的相关性分析 [J]. 中华中医药杂志, 2021, 36(9): 5614-5618.
- [8] 刘佳陇,王胜升,李晓菲,等. 白花前胡产地资源现状调研分析 [J]. 现代农业科技, 2021(1): 89-92.
- [9] 饶曼人,刘宛斌,刘培庆. 前胡丙素对高血压大鼠血管肥厚、细胞内钙、胶原及 NO 的影响 [J]. 药学报, 2001, 36(3): 165-169.
- [10] 张村,肖永庆,谷口雅彦,等. 白花前胡化学成分研究 (I) [J]. 中国中药杂志, 2005, 30(9): 675-677.
- [11] 张村,李丽,肖永庆,等. 白花前胡中香豆素类成分的分析 [J]. 中华中医药杂志, 2011, 26(9): 1995-1997.
- [12] 张村,殷小杰,李丽,等. 白花前胡蜜炙前后的药效学比较研究 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2010, 16(15): 146-148.
- [13] 朱国元,陈光英,李庆洋,等. HPLC/MS/MS 技术在中药白花前胡成分鉴定中的应用 [J]. 中国天然药物, 2004, 2(5): 304-308.
- [14] 吴文玲,陈佳佳,刘守金,等. HPLC 同时测定前胡中 3 种香豆素成分的含量 [J]. 中国中药杂志, 2009, 34(9): 1121-1123.
- [15] 胡轶娟,潘宏华,浦锦宝,等. 白花前胡 HPLC 指纹图谱研究 [J]. 中国中医药科技, 2012, 19(5): 437-439.
- [16] 韩邦兴,王德群. 白花前胡生物学特性初步研究 [J]. 中国野生植物资源, 2008, 27(4): 44-45.
- [17] 徐倩,胡云飞,汪电雷,等. 前胡香豆素类提取物的 UPLC/Q-TOF-MS 分析及其初步药效学研究 [J]. 中草



- 药, 2015, 46(24): 3637-3642.
- [18] Zhang Z, Liu Y Y, Su M Q, *et al.* Pharmacokinetics, tissue distribution and excretion study of dl-praeruptorin A of *Peucedanum praeruptorum* in rats by liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. *Phytomedicine*, 2011, 18(6): 527-532.
- [19] Xu Z, Wang X B, Dai Y, *et al.* (+/-)-Praeruptorin A enantiomers exert distinct relaxant effects on isolated rat aorta rings dependent on endothelium and nitric oxide synthesis [J]. *Chem Biol Interact*, 2010, 186(2): 239-246.
- [20] Song Y L, Zhang Q W, Li Y P, *et al.* Enantioseparation and absolute configuration determination of angular-type pyranocoumarins from *Peucedani Radix* using enzymatic hydrolysis and chiral HPLC-MS/MS analysis [J]. *Molecules*, 2012, 17(4): 4236-4251.
- [21] Yu P J, Ci W, Wang G F, *et al.* Praeruptorin A inhibits lipopolysaccharide-induced inflammatory response in murine macrophages through inhibition of NF- $\kappa$ B pathway activation [J]. *Phytother Res*, 2011, 25(4): 550-556.
- [22] Xiong Y Y. Effects of ( $\pm$ )-praeruptorin A on airway inflammation, airway hyperresponsiveness and NF- $\kappa$ B signaling pathway in a mouse model of allergic airway disease [J]. *Eur J Pharmacol*, 2012, 683(1/2/3): 316-324.
- [23] Lee J, Lee Y J, Kim J, *et al.* Pyranocoumarins from root extracts of *Peucedanum praeruptorum* Dunn with multidrug resistance reversal and anti-inflammatory activities [J]. *Molecules*, 2015, 20(12): 20967-20978.
- [24] Yao R L, Zhao Y C, Liu T T, *et al.* Identification and functional characterization of a *p*-coumaroyl CoA 2'-hydroxylase involved in the biosynthesis of coumarin skeleton from *Peucedanum praeruptorum* Dunn [J]. *Plant Mol Biol*, 2017, 95(1/2): 199-213.
- [25] Zhao Y C, Liu T T, Luo J, *et al.* Integration of a decrescent transcriptome and metabolomics dataset of *Peucedanum praeruptorum* to investigate the CYP450 and MDR genes involved in coumarins biosynthesis and transport [J]. *Front Plant Sci*, 2015, 6: 996.
- [26] 梁卫青, 胡铁娟, 浦锦宝, 等. 前胡有效成分含量与土壤因子的相关性分析 [J]. 中国现代应用药学, 2021, 38(11): 1302-1308.
- [27] Song C, Li X, Jia B, *et al.* Comparative transcriptomics unveil the crucial genes involved in coumarin biosynthesis in *Peucedanum praeruptorum* Dunn [J]. *Front Plant Sci*, 2022, 13: 899819.

[责任编辑 潘明佳]