

基于知识图谱和全球专利的贝母属植物研究现状与发展趋势的可视化分析

陈琼如¹, 夏清青², 张宇锋², 计婷婷³, 王 进^{1,4*}, 花海兵^{2*}

1. 南京中医药大学中医药文献研究院, 江苏 南京 210023

2. 南京中医药大学江阴附属医院, 江苏 无锡 214400

3. 南京中医药大学药学院, 江苏 南京 210023

4. 江苏省中医流派研究院, 江苏 南京 210023

摘要: **目的** 运用文献计量学方法分析贝母属 *Fritillaria* 植物的研究现状与发展趋势, 并通过专利分析得到贝母属植物的成果转化情况, 为未来的开发应用提供方向参考。 **方法** 在中国知网数据库、万方数据库、维普数据库、Web of Science 核心合集数据库, 以贝母和 *Fritillaria* 为主题检索词收集相关文献, 导入 NoteExpress 文献管理软件中进行查重、筛选和格式转换; 使用 Excel、CiteSpace、VOSviewer 软件对中英文文献的年度发文趋势、合作网络、研究热点等进行可视化分析。通过 Incopat 专利数据库从专利申请趋势、专利申请地域分布、专利申请人等方面对贝母属植物专利申请情况进行分析。 **结果** 共纳入符合标准的中文文献 1 511 篇, 英文文献 805 篇。贝母属发文量大体呈现上升的趋势, 共有 56 个国家参与贝母属的研究, 发文国家以中国为主。英文文献涉及学科以植物科学为主。中、英文发文量最多的作者分别是周浓和 Li Ping, 最多的机构分别是中国中医科学院和 Chinese Academy of Sciences (中国科学院), 部分发文作者间已形成研究团队, 发文机构间的合作关系较分散。基于 Incopat 专利数据库检索得到专利数据 10 292 件, 国内专利有 9 980 件, 占比 96.97%, 占据绝对的主导地位。 **结论** 贝母属植物的研究处于不断拓展与上升阶段, 其研究核心物种为浙贝母和川贝母, 热点方向为生物碱等活性成分、药理作用与分子机制、生长栽培与资源保护等。贝母属植物专利在全球分布差距明显, 我国的专利申请量占据绝对主导地位, 但当前仍面临申请活跃度不足、有效率较低、技术构成单一以及竞争力不强等问题。

关键词: 贝母属; CiteSpace; VOSviewer; 文献计量学; 知识图谱; 专利分析; 可视化分析

中图分类号: G350; R282 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2025)22-8296-19

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2025.22.020

Visual analysis of research status and development trend of *Fritillaria* plants based on knowledge map and global patents

CHEN Qiongru¹, XIA Qingqing², ZHANG Yufeng², JI Tingting², WANG Jin^{1,4}, HUA Haibing²

1. Institute of Chinese Medical Literature, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China

2. Jiangyin Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine, Wuxi 214400, China

3. School of Pharmacy, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China

4. Jiangsu Provincial Research Institute of Chinese Medicine Schools, Nanjing 210023, China

Abstract: Objective To analyse the current research status and development trend of *Fritillaria* plants using bibliometric methods, and obtain the transformation achievement of *Fritillaria* plants through patent analysis, providing direction reference for future development and application. **Methods** Relevant literature were searched and collected from four databases, namely CNKI Database, Wanfang Database, VIP Database and Web of Science Core Collection Database with *Fritillaria* spp. and *Fritillaria* as the subject search terms. The data were imported into NoteExpress literature management software for duplicate checking, screening and format conversion. Excel, CiteSpace, and VOSviewer were used to visualize and analyze the annual publication trends, cooperation networks, and research hotspots of Chinese and English literature. The patent application status of *Fritillaria* plants was analyzed through the Incopat patent database from

收稿日期: 2025-08-11

基金项目: 江苏省中医疫病研究中心开放课题 (JSYB2024KF28); 无锡市中医药科技发展专项重点项目 (ZYZD202404); 江苏省中医流派研究院开放课题一般项目 (JSZYLP2024040); 无锡市卫生健康委科研面上项目 (M202329)

作者简介: 陈琼如, 硕士研究生, 研究方向为中医药文献与文献计量研究。E-mail: orchidru25@126.com

***通信作者:** 王 进, 博士, 副教授, 硕士生导师, 从事中医药文献与药性诠释研究。E-mail: tulipeden@126.com

花海兵, 主任中医师, 硕士生导师, 从事中西医结合临床和中医流派研究。E-mail: jyzy3288@163.com

the aspects of patent application trends, geographical distribution of patent applications, and patent applicants. **Results** The dataset encompasses 1 511 Chinese articles and 805 English articles. The number of publications of *Fritillaria* plants has generally shown an upward trend, with a total of 56 countries participating in the study of *Fritillaria* plants, with China being the main publishing country. The primary discipline in English literature was plant science. The authors with the largest number of publications are Zhou Nong in Chinese literature and Li Ping in English literature. In Chinese literature, the China Academy of Chinese Medical Sciences leads. Among English publications, the Chinese Academy of Sciences dominates. Some of the authors of the published papers have formed research teams, while the cooperative relationships among the publishing institutions are relatively scattered. Based on the Incopat patent database, 10 292 patent applications were retrieved. Among these patents, 9 980 patents were domestic patents, accounting for 96.97%, occupying an absolute dominant position. **Conclusion** Research on *Fritillaria* plants is in the stage of continuous expansion and upward, and the core species of *Fritillaria* plants are *Fritillaria thunbergii* Miq. and *Fritillaria cirrhosa* D. Don, and the hotspots are active ingredients such as alkaloids, pharmacological effects and molecular mechanisms, growth and cultivation and resource protection. The global distribution gap of *Fritillaria* plant patents is obvious, China's patent applications occupy an absolute dominant position, but it still faces problems such as low application activity, low validity rate, single technical composition, and weak competitiveness.

Key words: *Fritillaria*; CiteSpace; VOSviewer; bibliometrics; knowledge map; patent analysis; visual analysis

百合科贝母属 *Fritillaria* 植物为多年生草本植物,《中国植物志》记录贝母属植物约 60 种,该属植物主要分布于北半球温带地区,以地中海、北美和中亚地区最为集中,我国有 20 种、2 个变种,主要分布于四川、浙江、甘肃、新疆、湖北、安徽等省份,贝母属中绝大多数种类为中药“贝母”的基原,药用部位为本属植物的干燥鳞茎,通常用于清热润肺、化痰止咳、散结消痈^[1-2]。随着现代植物学与药理学研究的不断深入,依据现行的被子植物分类系统(APG IV),全球贝母属植物的种类已增至 150 余种,这一分类学进展不仅推动了该属植物的活性成分、药理作用、鉴定分类等相关研究日益增多,也为其在医药领域的应用、功能性食品的研发等提供了更为广阔的市场前景和显著的增长潜力,然而,当前针对贝母属植物研究的文献计量学分析仍显不足。

文献计量学通过数学统计手段,定量解析文献的结构分布、数量关系及演变规律,揭示相关领域的发展态势^[3]。本研究采用 CiteSpace、VOSviewer 等科学计量软件,对 2005 年 1 月 1 日—2025 年 7 月 31 日发表在中国知网(CNKI)、万方数据库(Wanfang)、维普数据库(VIP)和 Web of Science(WOS)数据库的贝母属植物的中、英文文献进行可视化分析,以揭示该领域研究动态与趋势,为贝母属植物未来的进一步研究提供科学的理论支撑与前瞻性的方向参考。同时,结合 Incopat 专利数据库,从全球专利视角深入分析贝母属植物专利的研究全景,梳理相关技术的分布情况、演进趋势和热点走向,以助力贝母属植物的开发应用与贝母产业的现代化建设。

1 资料与方法

1.1 文献数据

中文文献数据源自 CNKI、Wanfang、VIP 数据库,为获得高质量的可视化分析结果,选择文献时只选择来源为中文核心(北大核心)期刊、中国科学引文数据库(CSCD)及中文社会科学引文索引(CSSCI)的学术期刊,因在 CNKI、Wanfang、VIP 以“贝母”为主题进行检索时所得结果包含贝母兰(兰科贝母兰属)与土贝母(葫芦科假贝母属)相关文献,不属于此次研究范畴,故最终检索式为“主题=贝母 NOT 贝母兰 NOT 土贝母”精确检索。英文文献数据库来源于 WOS 核心合集数据库,检索式为主题=*Fritillaria* (Topic) OR *fritillaria* (Topic) OR *Fritillaria cirrhosa* D. Don (Topic) OR *Fritillaria thunbergii* Miq. (Topic) OR *Fritillaria hupehensis* (Topic) OR *Fritillaria unibracteata* (Topic) OR *Fritillaria ussuriensis* Maxim (Topic) OR peimine (Topic) OR peiminine (Topic) OR verticinone (Topic) OR isosteroidal alkaloids (Topic) and Article or Review Article (Document Types) and English (Languages);中、英文文献检索时间范围均限定为 2005 年 1 月 1 日—2025 年 7 月 31 日。将检索获得的中英文文献导入 NoteExpress 软件中,经去重处理及主题相关性筛选后,最终纳入 1 511 篇中文文献与 805 篇英文文献。

本研究运用 CiteSpace 6.2.R3 版本、VOSviewer 1.6.20 版本,构建贝母属植物文献可视化知识图谱,分析贝母属研究领域的热点分布及未来发展趋势。其中,CiteSpace 运行前将时区范围(time slicing)设置为 2005 年 1 月—2025 年 7 月,时间切片(years

per slice) 为 1 年, 其他参数保持默认选项, 针对贝母属中英文文献, 从国家、机构合作网络, 学科类别分布, 关键词聚类、时间线及突现词进行可视化分析, 结合 VOSviewer 对贝母属研究的作者合作网络、关键词共现图谱, 系统呈现该领域的研究格局与动态特征。

1.2 专利数据

专利数据来源于 Incopat 专利数据库。设定检索式为 TIAB=贝母 OR *Fritillaria* OR fritillaria OR *Fritillaria cirrhosa* D. Don OR *Fritillaria thunbergii* Miq. OR *Fritillaria hupehensis* OR *Fritillaria unibracteata* OR *Fritillaria ussuriensis* Maxim. OR peimine OR peiminine OR verticinone OR isosteroidal alkaloids NOT TIAB=贝母兰 NOT TIAB=土贝母, 时间限定在 2005 年 1 月 1 日—2025 年 7 月 31 日, 共检索到专利数据 10 292 件, 进行扩展同族合并后得到 8 515 个专利族, 国内专利共有 9 980 件, 占比 96.97%, 国外专利 312 件, 占比 3.03%。利用 Incopat 自带分析工具对检索获得的专利数据进行计量学分析。

2 结果与分析

2.1 发文趋势

2005—2025 年发表的贝母属植物相关文献共 2 316 篇被纳入研究, 其中中文文献 1 511 篇, 占总量的 65.24%, 英文文献 805 篇, 占总量的 34.76%, 如图 1-A 所示, 可见国内外对该领域均具备一定关注度。同时对中英文文献的时间分布特征及趋势进行分析, 如图 1-B 所示, 因本研究数据收集截止日期为 2025 年 7 月 31 日, 不足以说明 2025 年年度发文

趋势, 故不纳入本次分析范畴。中文发文量呈现波动变化, 在前中期中文发文量远高于英文发文量, 而在近期英文发文量却反超中文发文量。中文发文量无明显的线性增长或下降趋势, 始终保持着较稳定的发展趋向, 在 2009—2011 年、2013—2017 年、2019—2022 年形成了 3 次较为明显的高峰区间, 峰值分别为 96 篇 (2011 年), 92 篇 (2017 年), 84 篇 (2022 年), 这种周期性波动可能与科研项目研究周期有关。英文发文量整体呈现阶梯式上升趋势, 2005—2020 年, 发文量增长缓慢, 年均增幅约为 8.62%, 在 2021 年首次突破 50 篇 (56 篇), 随后进入爆发期, 2022 年英文发文量达到 86 篇, 首次超过中文发文量, 这种爆发式增长可能与药理机制研究的深入与多组学技术的成熟有关, 2024 年英文发文量达 99 篇, 超过同年的中文发文量 (74 篇), 表明国际上对贝母属植物的研究迅速升温。

贝母属植物 2005—2025 年的中英文文献发文量变化可划分为 2 个阶段, 第 1 阶段为 2005—2020 年, 在此阶段, 国内外研究均有小幅波动, 但中文发文量始终保持主导地位, 是英文发文量的 2~3 倍, 国际参与度较低; 第 2 阶段为 2021—2024 年, 英文发文量连续 3 年反超中文发文量, 2020 年新冠肺炎全球大流行使国际上对呼吸道疾病和天然药物研发的关注度空前提升, 贝母作为传统的润肺止咳良药吸引国际学者的关注和科研投入, 间接推动了此阶段国际贝母属植物研究成果产出, 反映国际关于贝母属植物的研究热度持续高涨, 也表明国际学界已成为该领域的重要研究力量。

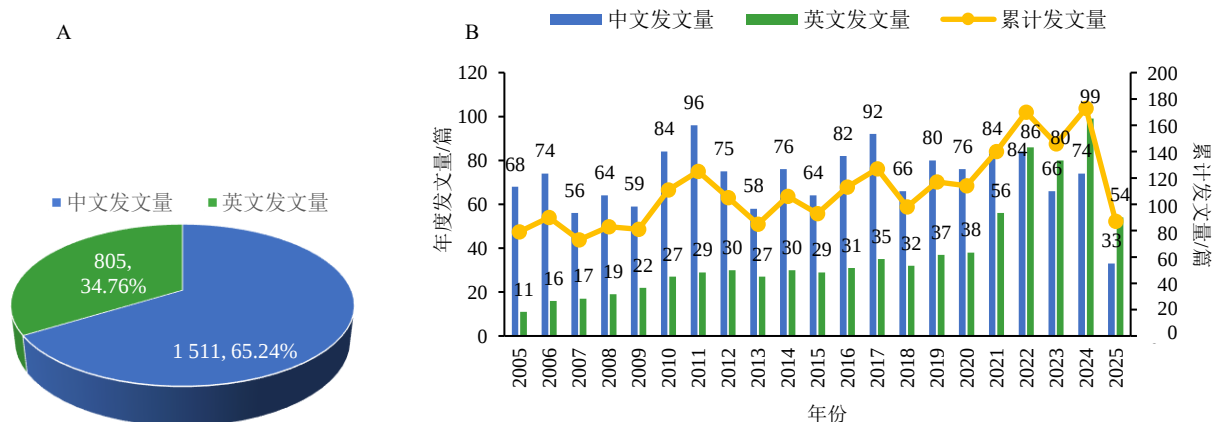


图 1 2005—2025 年贝母属植物中英文文献年度发文量 (A) 与发文趋势 (B)

Fig. 1 Annual publication volumes (A) and publication trend (B) of Chinese and English literature on *Fritillaria* plants from 2005 to 2025

2.2 国家发文与合作分析

使用 CiteSpace 对 WOS 数据库中涉及贝母属植物的英文文献生成国家合作网络共现图谱,共得到 56 个国家,累计发文量 5 篇(包括 5 篇)以上的国家有 24 个,如图 2-A 所示。不同国家的发文量差异显著,由图 2 和表 1 可知,中国为该领域的产出大国,发文量高达 551 篇,占比在总发文量的 68.45%,在全球位居首位,其次为土耳其(49 篇)、伊朗(34 篇),分别占总发文量的 6.09%和 4.22%。中心性是评估节点重要程度的指标,1 个节点作为“中介”的次数越多,中心性越高,在合作网络的重要程度越突出。中心性排名前 10 位的国家如表 2 所示。中国中心性达 0.72,在国际合作网络中发挥重要作用,第 2 位是意大利(0.39),在网络中有一定重要性,第 3 位是伊朗(0.21),相比于中国和意大利,伊朗与其他国家在合作网络的重要性

稍低。综合来看,中国的发文量与中心性均领先于其他国家,在贝母属植物研究领域处于核心地位,并形成了以中国为核心的合作网络,这与国内对传统中医药的应用与科研投入有关,为中国与其他各国的合作关系奠定了良好的基础。伊朗和土耳其对贝母属植物的研究处于初步积累阶段,有较大的提升空间。尽管意大利、德国等国家在该领域相关研究的发文量与中国相比仍有较大差距,但其中心性排名靠前,这一现象的核心原因在于这些国家在国际合作网络中表现出较高的合作参与度,在网络中发挥枢纽作用。此外,其研究内容多聚焦于热点方向,例如贝母属的系统分类、药用开发及濒危物种保护等,这类研究通常需要跨国数据共享与技术协作,意大利、德国等国家在上述合作环节中的深度参与,进一步推动了其在国际合作网络中的中心性提升。

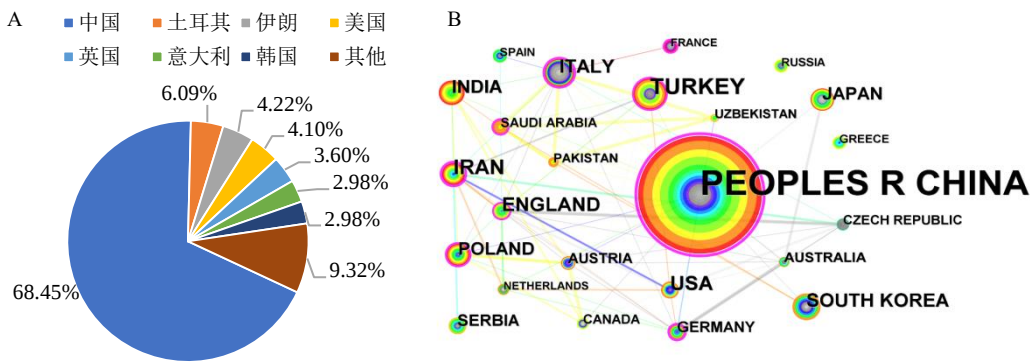


图 2 贝母属植物英文文献国家合作网络 (A) 及国家发文量占比 (B)
Fig. 2 National cooperation network (A) and proportion of national publication (B) of English literatures on *Fritillaria* plants

表 1 贝母属植物英文文献发文量前 10 位的国家
Table 1 Top 10 countries in terms of publication number of English literature on *Fritillaria* plants

序号	文献数量/篇	中心性	国家
1	551	0.72	中国
2	49	0.12	土耳其
3	34	0.21	伊朗
4	33	0.07	美国
5	29	0.11	英国
6	24	0.39	意大利
7	24	0.07	韩国
8	22	0.03	印度
9	20	0.00	日本
10	19	0.12	波兰

表 2 贝母属植物英文文献发文中心性前 10 位的国家
Table 2 Top 10 countries in terms of centrality of English literature publication on *Fritillaria* plants

序号	中心性	文献数量/篇	国家
1	0.72	551	中国
2	0.39	24	意大利
3	0.21	34	伊朗
4	0.20	12	德国
5	0.20	5	法国
6	0.12	49	土耳其
7	0.12	19	波兰
8	0.11	29	英国
9	0.11	8	沙特阿拉伯
10	0.08	10	奥地利

图 4 贝母属植物中文 (A) 与英文 (B) 文献机构合作网络

Fig. 4 Institutional cooperation networks of Chinese (A) and English (B) literatures on *Fritillaria* plants

表 3 贝母属植物中英文文献发文量前 10 位的机构
Table 3 Top 10 institutions in terms of publication volumes of Chinese and English literature on *Fritillaria* plants

序号	中文文献		英文文献	
	发文量/篇	机构	发文量/篇	机构
1	58	中国中医科学院	71	Chinese Academy of Sciences
2	54	四川大学	46	Chinese Academy of Medical Sciences - Peking Union Medical College
3	52	北京中医药大学	36	Sichuan University
4	43	浙江中医药大学	31	China Academy of Chinese Medical Sciences
5	37	成都中医药大学	30	China Pharmaceutical University
6	35	南京中医药大学	28	University of Chinese Academy of Sciences
7	23	四川农业大学	22	Chengdu University of Traditional Chinese Medicine
8	21	上海中医药大学	20	Institute of Chinese Materia Medica
9	20	中国药科大学	19	Zhejiang University
10	19	吉林农业大学	19	Huazhong University of Science & Technology

2.5 作者发文与合作分析

VOSviewer 对贝母属植物中英文文献的发文作者可视化分析结果见图 5，中英文发文量前 10 的作者见表 4。可见中文文献作者的合作关系较集中，有一定的跨团队合作趋势，英文文献作者的合作规模较小，单个合作团体较多。中文文献中共有 4 596 位作者，发文量≥10 篇的作者共 36 位，发文量排名前 3 位的作者分别是周浓(42 篇)、王曙(32 篇)、王忠华(28 篇)。以周浓为首的核心团队对贝母属植物的研究主要集中在太白贝母与浙贝母这 2 个物种，涉及贝母栽培的土壤环境优化^[4-5]、贝母成分的提取工艺^[6-7]、贝母成分含量测定等^[8-9]。以王曙为核心的团队主要围绕川贝母展开研究，聚焦于贝母及其种子的质量评价^[10-11]、贝母的种类鉴定^[12-13]、贝母的种植与采收^[14-15]等。以王忠华为核心的团队主要围绕浙贝母展开研究，致力于从基因层面分析贝母的鳞茎发育及其生物碱的合成机制^[16-17]。英文文献中共有 3 570 位作者，发文量≥10 篇的作者共 13 位，Li Ping (李萍) 以发表 22 篇文献领先，紧随其后的是 Jiang Yan (姜艳)、Li Xiwen (李西文)，发文量均为 15 篇。Li Ping 与 Jiang Yan 处在同一个研究团队，研究内容涉及贝母的化学成分析解与检测^[18-19]、贝母活性成分的制备^[20]、贝母的物种鉴别^[21]等。而 Li Xiwen 为核心的研究团队聚焦贝母的基因组学^[22]、贝母的活性成分与药用价值^[23]。中英文文献作者之间存在重叠现象，中文发文量排名第 1 的周浓与英文发文量排名第 7 的 Zhou Nong 为同一人，其中文文献侧重于贝母的人工栽培技术与有效成分分析，英文文献侧重于解析贝母的分子机制

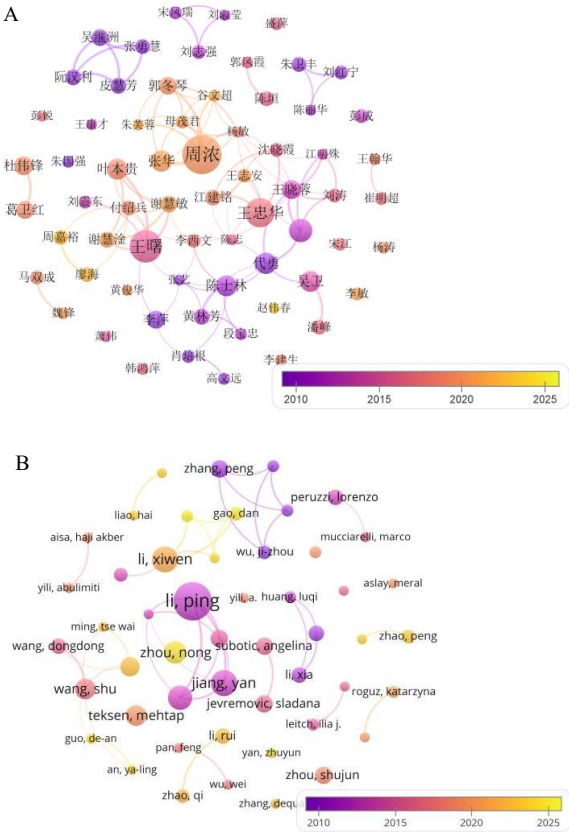


图 5 贝母属植物中文 (A) 与英文 (B) 文献作者合作网络
Fig. 5 Cooperation networks of authors in Chinese (A) and English (B) literature on *Fritillaria* plants

与跨学科应用；中文发文量排名第 2 的王曙对应英文发文量排名第 5 的 Wang Shu，其中文文献以贝母的种植技术与质量标准的制定为主，英文文献以贝母活性成分及其药理机制、提取工艺优化为主；中文发文量排名第 7 的叶本贵对应英文发文量排名第

表 4 贝母属植物中英文文献发文量前 10 位的作者
Table 4 Top 10 authors in terms of publication volumes of Chinese and English literature on *Fritillaria* plants

序号	中文文献		英文文献	
	发文量/篇	作者	发文量/篇	作者
1	42	周浓	22	Li Ping
2	32	王曙	15	Jiang Yan
3	28	王忠华	15	Li Xiwen
4	20	王跃华	14	Li Huijun
5	18	张华	12	Wang Shu
6	18	代勇	12	Teksen Mehtap
7	17	叶本贵	12	Zhou Nong
8	17	陈士林	11	Ye Bengui
9	17	吴卫	10	Xin Guizhong
10	15	王晓蓉	10	Zhang Peng

表 5 被引频次前 10 位的中文文献
Table 5 Top 10 cited Chinese literature

序号	被引频次	中文文献	期刊	发表年份
1	383	中国高等植物受威胁物种名录	生物多样性	2017
2	358	浙贝母的现代研究进展	时珍国医国药	2019
3	225	色谱指纹图谱在中药质量控制中的应用	色谱	2008
4	127	中药贝母的基原植物和药用亲缘学的研究	植物分类学报	2007
5	122	硫熏和鲜切浙贝母的化学成分及其药理作用的比较研究	中华中医药学刊	2016
6	120	关于全国中药资源普查重点调查中药材名录的探讨	中国中药杂志	2014
7	110	遮荫下高原濒危药用植物川贝母 (<i>Fritillaria cirrhosa</i>) 光合作用和叶绿素荧光特征	生态学报	2008
8	109	川贝母药理作用研究进展	中国药房	2011
9	107	基于 Maxent 和 ArcGIS 预测川贝母潜在分布及适宜性评价	植物研究	2014
10	103	长白山区野生珍稀濒危药用植物资源评价体系的初步研究	西北植物学报	2006

中英文文献仍然保持高被引,如 2007 年《中药贝母的基原植物和药用亲缘学的研究》(225 次)、2008 年《色谱指纹图谱在中药质量控制中的应用》(127 次),2009 年的“Chromosome diversity and evolution in Liliaceae”(199 次)等,在贝母属植物领域的相关研究中具有长期的学术价值,是其所属领域研究的重要依据。

2.7 关键词分析

2.7.1 关键词共现分析 使用 VOSviewer 对贝母属植物中英文文献的关键词可视化分析结果见图 6。研究共得到 3 299 个中文关键词,其中出现频次≥10 的关键词共 74 个,4 098 个英文关键词中有 78 个出现频次≥10,关键词节点在图谱中的尺寸与研究热点强度呈正相关,尺寸越大,出现频次及热

8 的 Ye Bengui, 其中文文献侧重贝母的药用价值、种植技术与质量控制,英文文献侧重贝母的药理机制研究、毒理学评估与品种鉴别。

2.6 高被引文献分析

中文文献中被引频次前 10 的文献见表 5,多数文献属于贝母属植物的基础性研究,内容涉及化学成分、药理作用、资源普查保护等,高被引文献均来源于国内中医药、植物学、生态学领域的核心刊物,反映高被引文献的学界认可度较高。英文文献中被引频次前 10 的文献见表 6,文献研究内容侧重于贝母属植物的系统进化分类、活性成分及药效机制、基因组学与分子生物学等,高被引文献覆盖植物学、药学、分子科学等多领域的高水平期刊,学科间的交叉合作更明显、更广泛。较早年份发表的

度就越高。表 7 呈现了该领域中英文文献出现频次排名前 15 位的关键词。在中文高频词中,除贝母(77 次)外,主要为国产贝母属物种,即中文文献的研究主要围绕如浙贝母(200 次)、川贝母(167 次)、平贝母(69 次)、暗紫贝母(57 次)、太白贝母(52 次)等不同品种而展开;贝母素乙(75 次)、贝母素甲(58 次)、生物碱(71 次)、总生物碱(40 次)显示出中文文献研究聚焦于贝母属植物生物碱类成分,这类成分是贝母发挥药用价值的核心物质基础;高效液相色谱法(37 次)用于贝母生物碱定量、构建指纹图谱,是重要的分离分析技术,含量测定(37 次)是保证贝母成分、控制质量标准的技术保障。结合近年的研究热点关键词如数据挖掘、用药规律、异甾体生物碱、网络药理学、慢性阻塞

表 6 被引频次前 10 位的英文文献
Table 6 Top 10 cited English literature

序号	被引频次	英文文献	期刊	发表年份
1	199	Chromosome diversity and evolution in Liliaceae	<i>Annals of Botany</i>	2009
2	151	Sequential extraction, characterization and antioxidant activity of polysaccharides from <i>Fritillaria pallidiflora</i> Schrenk	<i>International Journal of Biological Macromolecules</i>	2019
3	150	Antitussive, expectorant and anti-inflammatory activities of four alkaloids isolated from bulbous of <i>Fritillaria wabuensis</i>	<i>Journal of Ethnopharmacology</i>	2012
4	135	Chloroplast genomic resources for phylogeny and DNA barcoding: A case study on <i>Fritillaria</i>	<i>Scientific Reports</i>	2018
5	119	Phytochemical and biological research of <i>Fritillaria</i> medicinal resources	<i>Chinese Journal of Natural Medicines</i>	2013
6	113	Characterization and identification of steroidal alkaloids in <i>Fritillaria</i> species using liquid chromatography coupled with electrospray ionization quadrupole time-of-flight tandem mass spectrometry	<i>Journal of Chromatography A</i>	2010
7	97	High-accuracy de novo assembly and SNP detection of chloroplast genomes using a SMRT circular consensus sequencing strategy	<i>New Phytologist</i>	2014
8	97	Fungal endophyte-derived <i>Fritillaria unibracteata</i> var. <i>wabuensis</i> : Diversity, antioxidant capacities in vitro and relations to phenolic, flavonoid or saponin compounds	<i>Scientific Reports</i>	2017
9	95	Evolutionary relationships in the medicinally important genus <i>Fritillaria</i> L. (Liliaceae)	<i>Molecular Phylogenetics and Evolution</i>	2014
10	94	Differences in soil properties and bacterial communities between the rhizosphere and bulk soil and among different production areas of the medicinal plant <i>Fritillaria thunbergii</i>	<i>International Journal of Molecular Sciences</i>	2011

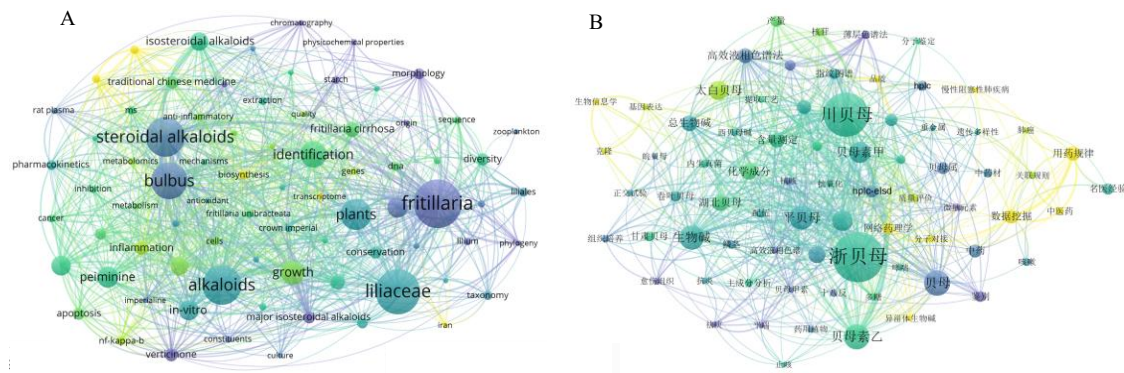


图 6 贝母属植物中文 (A) 与英文 (B) 文献关键词共现网络

Fig. 6 Co-occurrence networks of keywords in Chinese (A) and English (B) literature on *Fritillaria* plants

性肺疾病、肺癌等，可得出中文文献的研究脉络大致是以贝母属植物不同品种为研究对象，围绕生物碱等活性成分，依托化学分析等技术方法，完善基础理论与药性理论，深度挖掘贝母的作用机制与用药规律，探索新的临床应用方向，从而助力中医药从经验向循证转化。

在英文文献高频关键词中, fritillaria (贝母, 114 次)、Liliaceae (百合科, 105 次)、evolution (演化,

44 次), 展现出英文文献研究对贝母属植物物种演化与系统分类的较高关注度, 聚焦解决分类学难题, 深化植物学基础, 而其中 *Fritillaria cirrhosa* D. Don (川贝母, 31 次) 为最受关注的物种, 由于川贝母的基原植物种类丰富, 分类学研究的聚焦进一步推动了对川贝母这一重要类群的探索, 所以英文文献中川贝母的研究热度较高; bulbus (鳞茎, 84 次) 为贝母属植物核心药用部位, alkaloids (生物碱,

表 7 贝母属植物中英文文献中出现频次前 15 位的关键词
Table 7 Top 15 keywords in terms of occurrence frequency in Chinese and English literature on *Fritillaria* plants

序号	中文文献		英文文献	
	频次	关键词	频次	关键词
1	200	浙贝母	114	fritillaria
2	167	川贝母	105	liliaceae
3	77	贝母	91	alkaloids
4	75	贝母素乙	91	steroidal alkaloids
5	71	生物碱	84	bulbus
6	69	平贝母	69	plants
7	58	贝母素甲	58	identification
8	57	暗紫贝母	50	growth
9	52	太白贝母	45	peiminine
10	44	伊犁贝母	44	evolution
11	42	化学成分	42	in vitro
12	40	总生物碱	41	peimine
13	40	湖北贝母	38	isosteroidal alkaloids
14	37	高效液相色谱法	37	expression
15	37	含量测定	31	<i>Fritillaria cirrhosa</i> D. Don

91 次) 及其核心亚类 steroidal alkaloids (甾体生物碱, 91 次), 与甾体生物碱的下属类别 isosteroidal alkaloids (异甾体生物碱, 38 次) 均由鳞茎提取而来, peiminine (贝母素乙, 45 次)、peimine (贝母素甲, 41 次) 是代表性的异甾体生物碱, 可见英文文献相关研究中对贝母生物碱的药用价值关注度较高, 研究涉及其结构、含量、分离提取工艺、作用机制等; identification (鉴定, 58 次)、in vitro (体外实验, 42 次)、expression (基因表达, 37 次) 是英文文献研究中的关键技术方法, 聚焦物种鉴别及成分分析、生物碱药理活性及作用机制、生物碱合成的基因调控机制; plants (植物, 69 次)、growth (生长, 50 次) 则凸显英文文献研究对贝母属植物的人工栽培、贝母资源可持续利用的关注。结合近年的研究热点关键词如 conservation (保护)、cells (细胞)、transcriptome (转录组)、biosynthesis (生物合成通路)、NF- κ B 通路等, 可得出英文文献研究路径是以贝母属植物分类演化为基础, 生物碱等活性成分为核心, 通过细胞模型探索贝母的药理活性及分子机制, 为临床使用传统药用植物提供现代科学依据, 同时关注贝母属植物资源的保护与丰富, 以此推动贝母产业的可持续发展。

2.7.2 关键词聚类与时间线图分析 应用

CiteSpace 的对数似然比算法 (log-likelihood ratio, LLR) 对贝母属植物的中英文文献关键词进行聚类分析, 并生成中英文文献的关键词聚类时间线图, 见图 7, 聚类编号越小, 表明该聚类下的相关文献数量越多, 研究热度越高。中文文献关键词网络含 568 个节点和 1 278 条连线, 其聚类模块值 (Q) = 0.561 1 > 0.3, 平均轮廓值 (S) = 0.851 4 > 0.7, 表明聚类结构显著且结果可信用度[24]。贝母属植物相关研究的中文文献聚类可分为 10 类, 各聚类信息见表 8。各聚类以贝母属具体品种为核心研究对象, 构建研究的基础分类框架, 如#1 浙贝母、#2 川贝母、#5 暗紫贝母、#7 伊犁贝母、#8 平贝母、#9 太白贝母, 聚焦其地理分布、种质特性、生态适应性等原生属性开展研究, 深入剖析产量影响因素、真伪鉴别技术体系等; 聚类#4 生物碱、#6 贝母素乙涉及贝母属植物化学成分研究, 分析其发挥药效的生物活性机制和作用路径, 为贝母属植物的药效基础提供核心支撑; 聚类#0 数据挖掘, 应用信息科学算法对中医药领域有关贝母的用药规律、名医经验等数据进行深度挖掘, 有助于构建知识图谱; 聚类#3 贝母关联中医药基础理论, 如十八反、配伍等。部分聚类呈现出跨学科交叉融合特点, 如聚类#3 贝母将贝母种植融入乡村经济, 探索贝母种植与乡村产业发展的协同路径。由时间线图 (图 7-A) 可知, 2005—2015 年为基础规范与经验整合阶段, 该时期的关键词如“中药材”“中国药典”“贝母素乙”“含量测定”“临床经验”表明中文文献研究重点聚焦于贝母药材的质量标准建立、药效成分的化学检测方法优化, 以及传统药用经验的系统整合与挖掘; 2016—2025 年为精准化与跨领域拓展阶段, 关键词如“数据挖掘”“深度学习”“代谢组学”“抗肝癌”则反映研究趋势逐渐转向运用智能技术、组学技术深入解析贝母药用机制, 并呈现出明显的跨学科融合特征, 将贝母研究融入人工智能、代谢调控、新药理活性等多个前沿领域。聚类分析显示, #0 数据挖掘、#2 川贝母、#3 贝母、#4 生物碱、#5 暗紫贝母、#7 伊犁贝母的时间跨度较长, 一直是该领域的研究热点。

英文文献共包含 589 个关键词节点和 2 119 条连线, Q 为 0.571 8 (>0.3), S 为 0.828 7 (>0.7), 表明聚类结果可信用度。贝母属植物相关研究的英文文献聚类可分为 11 类, 各聚类信息见表 9。聚类#0 molecular docking (分子对接)、#1 steroidal

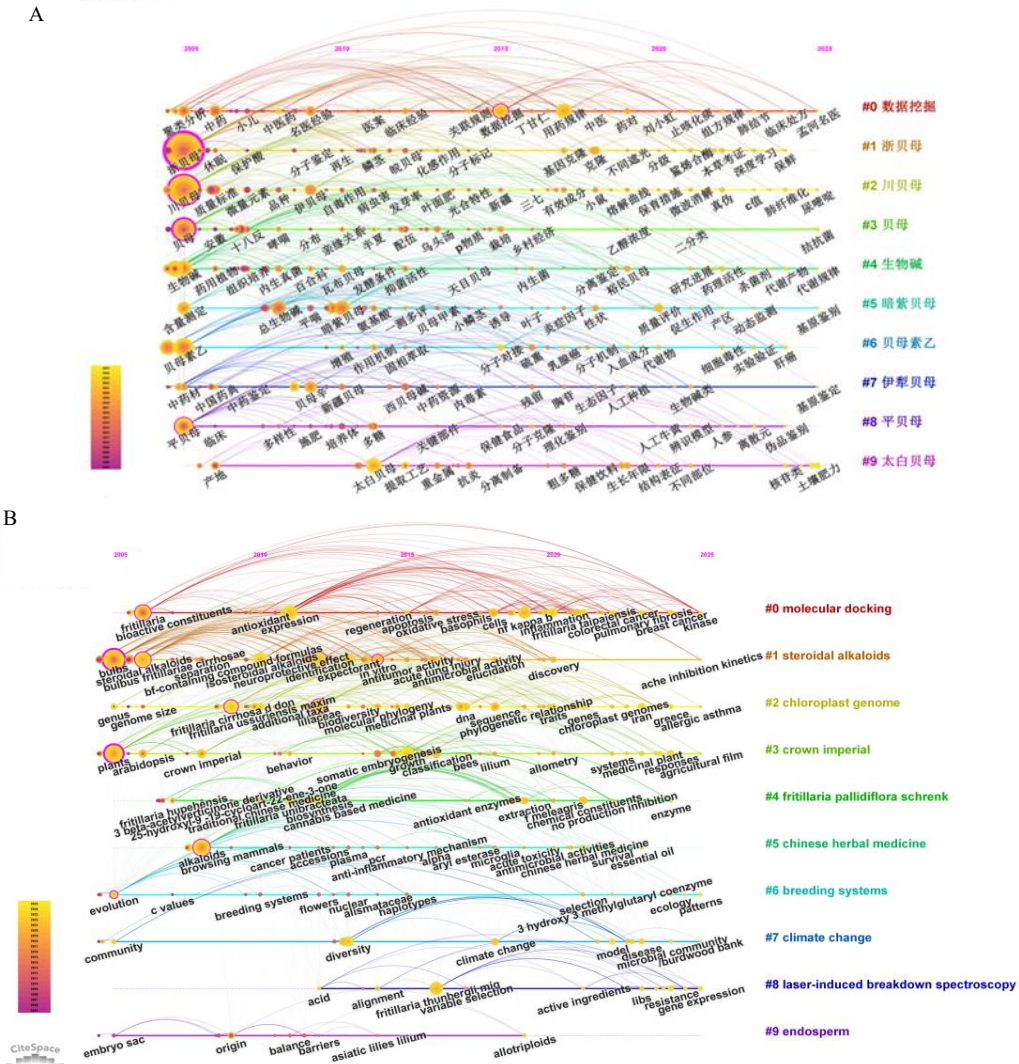


图 7 贝母属植物中文 (A) 与英文 (B) 文献关键词时间线图
Fig. 7 Timeline diagrams of keywords in Chinese (A) and English (B) literature on *Fritillaria* plants

表 8 贝母属植物中文文献关键词聚类信息
Table 8 Clustering information of keywords in Chinese literature on *Fritillaria* plants

聚类名称	节点数	轮廓值	聚类包含关键词
#0 数据挖掘	61	0.912	数据挖掘; 用药规律; 名医经验; 中医药; 关联规则
#1 浙贝母	59	0.758	浙贝母; 克隆; 基因表达; 原核表达; 愈伤组织
#2 川贝母	54	0.915	川贝母; 伊贝母; 产量; 指纹图谱; 贝母素乙
#3 贝母	51	0.921	贝母; 十八反; 贝母属; 配伍; 中成药
#4 生物碱	50	0.804	生物碱; 化学成分; 内生真菌; 湖北贝母; 临床应用
#5 暗紫贝母	44	0.839	暗紫贝母; 祛痰; 含量测定; 镇咳; 卷叶贝母
#6 贝母素乙	37	0.816	贝母素乙; 贝母素甲; 湖贝甲素; 结肠癌; 川贝母
#7 伊犁贝母	37	0.854	伊犁贝母; 西贝母碱; 腺苷; 中药材; 新疆贝母
#8 平贝母	31	0.824	平贝母; 培养体; 抗氧化; 多样性; 蒙古烁林
#9 太白贝母	27	0.796	太白贝母; 最小数据集; 土壤肥力; 核苷类; 栽培土壤

alkaloids (甙体生物碱) 涉及贝母属植物的分子机制与药效物质基础研究; 聚类#2 chloroplast genome (叶绿体基因组)、#9 endosperm (胚乳) 从生物学角度解析贝母属植物叶绿体基因组结构、贝母种子的

表 9 贝母属植物英文文献关键词聚类信息
Table 9 Clustering information of keywords in English literature on *Fritillaria* plants

聚类序号	节点数	轮廓值	聚类包含关键词
#0 molecular docking	77	0.759	molecular docking; network pharmacology; Nrf2; peiminine; inflammation
#1 steroidal alkaloids	75	0.813	steroidal alkaloids; total alkaloids; <i>Fritillaria thunbergii</i> Miq.; quantification; alkaloids
#2 chloroplast genome	70	0.781	chloroplast genome; phylogenetic relationship; genetic diversity; <i>Fritillaria ussuriensis</i> ; <i>Fritillaria ussuriensis</i> Maxim.
#3 crown imperial	63	0.835	crown imperial; micropropagation; in vitro regeneration; bulblets; geophytes
#4 <i>Fritillaria pallidiflora</i> Schrenk	54	0.850	<i>Fritillaria pallidiflora</i> Schrenk; antioxidant activity; polysaccharide; characterization; steroidal saponins
#5 Chinese herbal medicine	44	0.790	Chinese herbal medicine; ERK1/2; peiminine; verticinone; <i>Fritillaria wabuensis</i>
#6 breeding systems	35	0.884	breeding systems; karyotype; evolution; polyploidy; nectar
#7 climate change	35	0.875	climate change; <i>Fritillaria meleagris</i> ; <i>Fritillaria przewalskii</i> Maxim.; Qinghai-Tibet Plateau; community
#8 laser-induced breakdown spectroscopy	23	0.910	laser-induced breakdown spectroscopy; <i>Fritillaria thunbergii</i> Miq.; heavy metals; <i>Fritillaria thunbergii</i> ; potassium application
#9 endosperm	17	0.965	endosperm; evolution; aneuploidy; triploidy; embryo sac
#10 starch	16	0.972	starch; <i>Dioscorea opposita</i> Thunb. starch; physicochemical; zeamays L. starch; hydrolysis

发育机制及遗传稳定性，为物种鉴定、资源保育提供理论依据；聚类#3 crown imperial（冠花贝母）、#6 breeding systems（繁育系统），#7 climate change（气候变化），探索野生贝母资源，结合人工育种分析气候变化对贝母地域分布、多样性的影响，为贝母资源的可持续利用提供支撑；聚类#8 laser-induced breakdown spectroscopy（激光诱导击穿光谱）为贝母属植物的品质评价与质量控制提供技术支撑；聚类#4 *Fritillaria pallidiflora* Schrenk（太白贝母）、#5 Chinese herbal medicine（中草药），聚焦贝母在医药体系的应用，研究贝母的抗氧化、抗炎、调节免疫等药理机制，对贝母的传统药用经验进行现代化阐释；聚类#10 starch（淀粉）研究贝母属植物的物理化学特性，为其在食品、医药及其他领域的应用提供理论支撑。由时间线图（图 7-B）可知，2005—2015 年为基础研究奠基阶段，关键词如“bulbus”“evolution”“alkaloids”“genome size”（基因组大小）表明该时期英文文献研究重点主要集中在贝母属的基础分类、活性成分以及基因组学的初步探索与应用层面；2016—2025 年为技术深化与跨学科拓展阶段，关键词如“molecular docking”“climate change”“allotriploids”（异源三倍体）则反映研究趋势逐渐转向运用分子技术深入解析活性成分作用机制，并呈现出向跨学科应用拓展的特点，将贝母属研究与气候变化、倍性遗传等领域结

合。聚类分析显示，#0 molecular docking、#1 steroidal alkaloids、#2 chloroplast genome、#3 crown imperial、#6 breeding systems、#7 climate change 的时间跨度较长，一直是该领域的研究热点。

2.7.3 关键词突现分析 特定关键词在某一时间段内的出现频次显著增加说明此关键词为该时期领域的研究热点，此类关键词可称为突现词，关键词突现可反映研究热点的演化趋势。2005—2025 年贝母属植物相关研究的中英文文献各有 25 个突现词，见图 8。在中文文献中，2005—2010 年的突现词包含“贝母”“鉴别”“彭泽贝母”“平贝母”等，研究热点集中在贝母基础分类与鉴别方面，处于贝母属植物基础认知阶段；“十八反”表明开始探索贝母临床应用的配伍禁忌等。2011—2015 年的突现词包含“提取”“正交试验”等，研究热点集中在贝母有效成分的提取，同时利用试验设计提升提取效率，为贝母的药用开发做准备；“西贝母碱”“配伍”“贝母素乙”则反映对贝母核心药用成分的深入研究，以及挖掘贝母与其他药材的组方研究。2016—2020 年的突现词包含“伊贝母”“瓦布贝母”“甘肃贝母”等，研究热点在多种道地产区贝母品种的研究更深入，丰富了贝母属研究样本；“基因表达”“分子对接”关注贝母的基因调控机制，利用分子对接技术分析贝母活性成分的作用机制；“性状”“生长年限”“质量评价”则研究贝母的生长周期对其性状

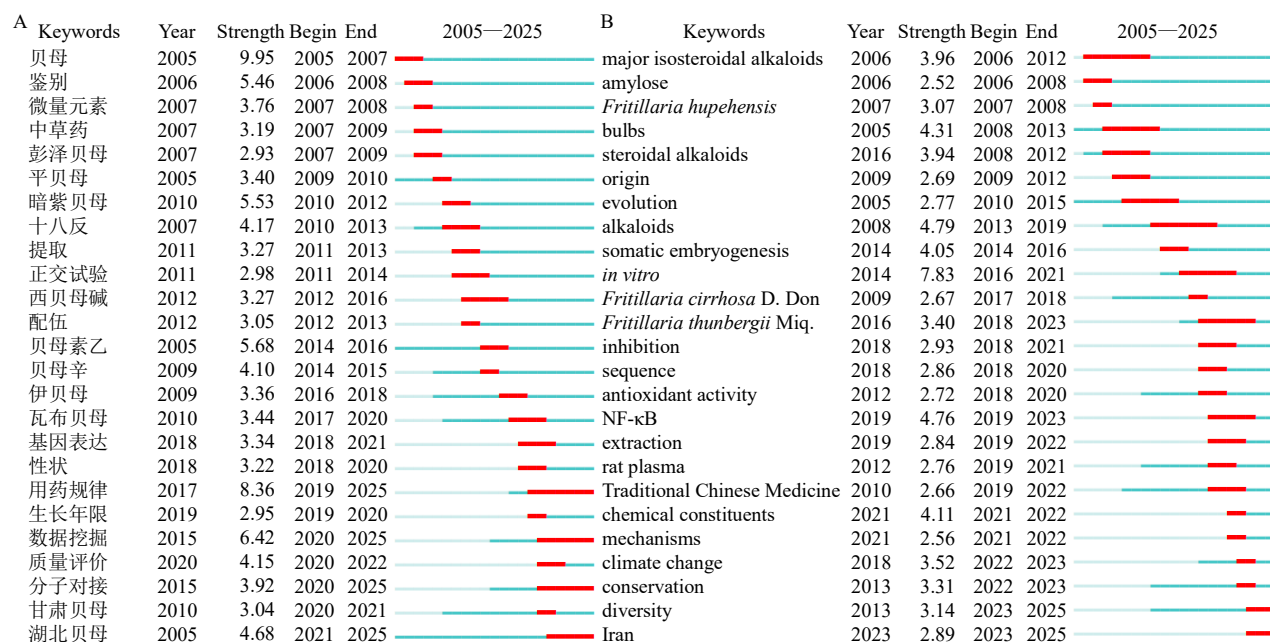


图 8 贝母属植物中文 (A) 与英文 (B) 文献关键词突现图谱

Fig. 8 Emerging map of keywords in Chinese (A) and English (B) literature on *Fritillaria* plants

的影响，为优化贝母的物种鉴别、质量评价方法提供参考；“用药规律”“数据挖掘”相关研究关注中医药领域有关贝母的用药规律、名医经验等数据，研究热度一直持续至今。2021 年至今的突现词是“湖北贝母”，体现对道地药材的重视，有利于推动贝母资源的丰富和区域产业发展。

在英文文献中，2005—2010 年的突现词包含“major isosteroidal alkaloids”（主要异甾体生物碱）、“amylose”（直链淀粉）、“*Fritillaria hupehensis*”（湖北贝母）、“bulbs”（鳞茎）、“steroidal alkaloids”（甾体生物碱）、“origin”（起源）、“evolution”（进化），这一阶段的研究聚焦贝母的植物学本质，物种起源及演化、化学成分、药用价值。2011—2020 年的突现词包含“alkaloids”（生物碱）、“somatic embryogenesis”（体细胞胚胎发生）、“*in vitro*”（体外实验）、“*Fritillaria cirrhosa* D. Don”（川贝母）、“*Fritillaria thunbergii* Miq.”（浙贝母）、“inhibition”（抑制）、“sequence”（序列）、“antioxidant activity”（抗氧化活性）、“NF-κB”（NF-κB）、“extraction”（提取）、“rat plasma”（大鼠血浆）、“traditional Chinese medicine”（中药），这一阶段持续关注贝母的药用价值和作用机制，细化品种研究，且关注生物技术育种，利用体外实验、大鼠血浆等开展贝母活性成分的获取与药动学方面的研究。2021 年至今的突现词包含“chemical constituents”（化学成分）、

“mechanisms”（机制）、“climate change”（气候变化）、“conservation”（保护）、“diversity”（多样性）、“Iran”（伊朗），这一阶段继续深入对贝母化学成分、活性成分作用机制的研究，并开始关注气候变化的影响，制定贝母资源保护策略，保护贝母物种多样性，伊朗地区贝母研究兴起，为全球贝母属植物研究提供区域数据，推动贝母属植物研究的深入发展。

2.8 专利信息统计分析

2.8.1 专利申请趋势分析 本研究绘制了 2005 年 1 月 1 日—2025 年 7 月 31 日全球贝母属植物相关专利申请量年度趋势图（图 9），因专利统计截止日期为 2025 年 7 月 31 日，不足以说明 2025 年年度申请趋势，故不纳入本研究分析范畴。由分布趋势图可知，2005—2024 年贝母属植物专利申请数量呈现“快速增长-峰值-回落-平稳”的变化趋势，大致可分为 4 个阶段：2005—2011 年为缓慢增长期，年均申请量约为 253 件，2010 年达到 339 件，显示贝母属植物相关研究及技术成果转化处于初始积累阶段；2012—2015 年为爆发增长期，该时期正值中国“十二五”规划实施阶段，中医药发展被提升至前所未有的国家战略高度，为贝母属植物的研究、开发与应用提供了坚实的政策支持和推动力，在此背景下，贝母属植物专利申请量呈现显著增长，分别在 2012 年（634 件）和 2015 年（1 404 件）出现 2 次跃升，反映出在此阶段贝母属植物相关研究受



图 9 2005—2025 年贝母属植物全球专利年度申请趋势

Fig. 9 Annual application trend of global patent for *Fritillaria* plants from 2005 to 2025

到广泛重视, 显现出巨大的技术创新活力和市场应用潜力; 2016—2019 年为快速回落期, 2016 年后申请量逐年下降, 2019 年 (330 件) 较峰值减少 76.50%, 表明该阶段贝母属植物研究热度持续下降, 技术创新成果产出大幅减少; 2020—2024 年为平稳波动期, 年均申请量约为 309 件, 2022 年小幅回升 (347 件), 但直到 2024 年仍呈现缓慢下降的趋势, 提示贝母属植物研究与技术创新面临发展瓶颈, 或进入技术优化阶段。

2.8.2 专利全球地域分布分析 贝母属植物专利地域分布特征见图 10。从全球范围来看, 贝母属植物专利呈现高度集中的分布特征, 中国以 9 980 件专利、96.97% 的占比远超其他国家或组织, 占据绝对主导地位, 表明中国在贝母属植物相关研究、开发和应用领域发挥着核心作用, 韩国 (98 件)、美国 (51 件)、世界知识产权组织 (47 件) 等专利数量较少, 占比均在 1% 以下, 东亚地区 (中、日、

韩) 专利申请数量占比高达 98.14%, 这与贝母属植物在传统中医药中的应用历史密切相关, 而欧美国家在该领域的参与度明显偏低。聚焦中国各省市的专利分布呈现出明显的区域差异 (图 10-B)。山东省以 2 065 件专利数量位居榜首, 占全国总量的 20.69%, 江苏 (973 件)、安徽 (942 件)、四川 (609 件)、浙江 (574 件) 等省份紧随其后, 四川、西藏、浙江、吉林等贝母道地产区虽具备种植和生产的地理优势, 但山东、江苏等非道地产区却在专利申请数量上领先。这一反差反映出道地产区在产权保护、科研资源投入和技术创新等方面仍有提升空间。贝母属植物专利布局与道地产区的错位现象, 既揭示了不同区域科技创新能力的差异, 也表明未来促进贝母属植物产业高质量发展需要加强区域协同创新体系建设。

2.8.3 专利主要申请人分析 2005 年 1 月 1 日—2025 年 7 月 31 日共收纳贝母属植物专利申请人 10 072 个,

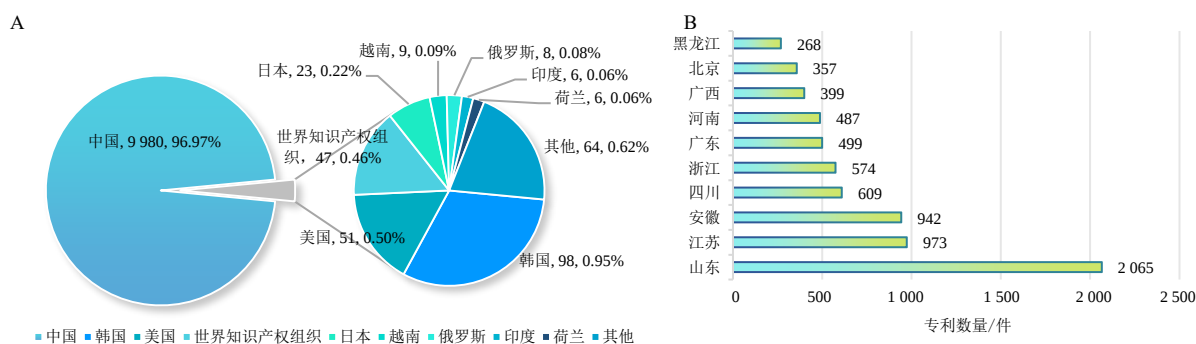


图 10 贝母属植物专利申请全球地域分布 (A) 与中国省市地域分布 (B)

Fig. 10 Global regional distribution of patent applications (A) and provincial distribution in China (B) for *Fritillaria* plants

全球前 10 的专利申请人全部来自我国，见图 11-A，在贝母属植物专利申请人中，个人与企业的占比最高，分别占 48.59% 与 33.09%，见图 11-B。河南中医药大学在贝母属植物专利申请数量上位居首位，其专利聚焦于研发呼吸系统疾病、甲状腺疾病、癌症与消化系统疾病的中药复方及其制备方法。江苏康缘药业股份有限公司专利申请核心方向包括呼吸系统、传染病、代谢性疾病与慢性病，涉及中药组合物及其应用、制备工艺与质量控制，并对贝母单体成分

进行深度研发。青岛昌安达药业有限公司针对风湿病、系统性红斑狼疮、亚急性甲状腺炎等多种疾病，重点开发中药治疗制剂与配套制备工艺。四川大学的专利申请以活性成分的提取与制备为主，用于治疗呼吸系统疾病，李承平多研发片剂为主的用于治疗呼吸系统疾病的中药制剂。由此可见，贝母属植物在医药方面的应用需求较大，尤其是在呼吸系统疾病的治疗上，贝母属植物展现出了巨大的医学价值，其临床应用是当前最受关注的研发领域。

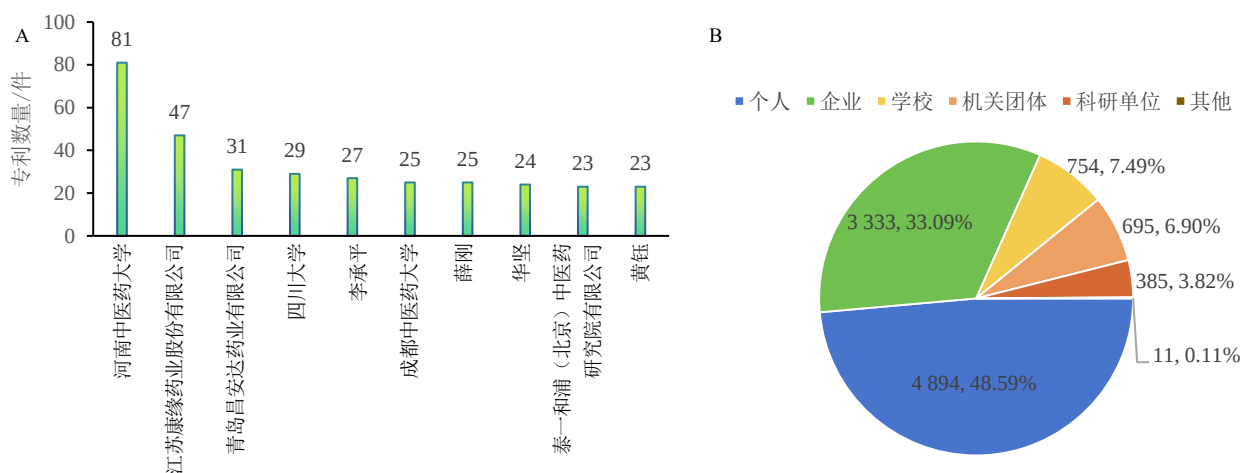


图 11 贝母属植物专利前 10 位申请人 (A) 与申请人类型 (B)
Fig. 11 Top 10 applicants (A) and applicant types (B) for *Fritillaria* plants patents

2.8.4 专利重要技术领域分析 按照国际专利分类 (IPC 分类号—小类)，目前贝母属植物申请专利所属技术领域主要集中在 A16K (8 040 件)、A61P (7 848 件) 和 A23L (624 件)，还涉及 A01G、A23K、A23F 等 (表 10)。A16K、A61P 为贝母属植物重点专利集中领域，其中 A61K 技术专利占专利总数的 78.12%，主要涉及用于医疗、牙科或洗漱用品的制剂，同于 A61P 技术专利占专利总数的 76.25%，主要涉及化合物或药物制剂的特异性治疗活性，这表明当前贝母属植物的研究热点在于医药制剂的研究和开发，核心适应证覆盖慢性支气管炎、哮喘、炎症疾病、乳腺增生及癌症，凸显贝母属在医药领域的广阔应用前景。同时，该属植物在食品饮料加工、农业技术与动物饲料领域亦展现开发潜力，A23L 类专利将贝母作为功能性成分添加至保健食品、药膳等产品，体现“药食同源”理念；A01G、A01C 和 A01H 类专利覆盖栽培及种苗繁殖，通过人工种植和组织培养解决贝母资源稀缺问题；A23K 类专利涉及开发含贝母提取物的畜禽抗病饲

料，有效提高畜禽的免疫力和抗病能力，预防和治疗各种呼吸道疾患，以及促进畜牧业的发展。

3 讨论

3.1 研究领域概况

通过对 2005 年 1 月 1 日—2025 年 7 月 31 日发表在 CNKI、Wanfang、VIP、WOS 核心合集数据库的中英文文献进行多维度的可视化分析，可得知贝母属植物相关研究呈总体上升的趋势。早期国内在该领域的文献产出较高，源于中医药体系部分贝母属植物作为传统中药材已积累深厚的研究经验，加之政策对中医药科研的持续投入和现代科学技术的发展，贝母属植物的研究体系较为成熟且持续产出。而早期国际上对该领域的关注度极低，科研投入力度不足；后期由于全球医疗需求日益多样化，天然药物研究的逐渐升温，贝母属植物的活性成分和药理机制逐渐明晰，传统医学开始强调循证医学理念，为贝母属植物的科学价值在国际上得到逐步认可增添动力，国内外研究者的交流互鉴也推动该领域研究的发展，突破了地域限制，贝母属植物的

表 10 贝母属植物专利主要 IPC 小类分布
Table 10 Distribution of main IPC subclasses for *Fritillaria* plants patents

IPC 分类号 (小类)	IPC 释义	专利数量/件	占比/%
A61K	用于医疗、牙科或洗漱用品的制剂	8 040	78.12
A61P	化合物或药物制剂的特异性治疗活性	7 848	76.25
A23L	不包含在其他类目中的食品、食料或非酒精饮料;其制备或处理	624	6.06
A01G	园艺; 蔬菜、花卉、水稻、水果、藤本植物、啤酒花或海藻的栽培; 林业; 浇水	279	2.71
A23K	动物专用饲料; 特别适用于其生产的方法	251	2.44
A23F	咖啡; 茶; 它们的替代品; 其制造、制剂或输注	218	2.12
G01N	通过测定材料的化学或物理性质来研究或分析材料	194	1.88
A01C	种植; 播种; 施肥	139	1.35
A01H	新植物或获得它们的方法; 通过组织培养技术的植物繁殖	135	1.31
A61Q	化妆品或类似化妆品制剂的具体用途	126	1.22
	其他	936	9.09

相关研究开始走向全球视野。从发文国家分布特征分析,国内外贝母属植物研究主要分布在中国、土耳其、伊朗等拥有丰富贝母属植物资源的国家,中国在该领域占绝对主导地位,为贝母属植物研究的核心枢纽,凭借较为成熟的研究体系与多国形成学术合作关系。从研究主体分析,中文文献高产机构前 3 名为中国中医科学院、四川大学、北京中医药大学,英文文献前 3 名的机构为中国科学院、中国医学科学院北京协和医学院、四川大学,国内研究团队以周浓、王曙、王忠华为首,国外研究团队以李萍、姜艳、李西文为首,可见贝母属植物的研究力量主要集中在中国。在国内除了高校和科研院所,还有企业参与到研究中,共同构建基础研究、产品开发、市场应用的产业链条,但国内合作的区域性较强,在国际区域合作中,国内机构依旧是重要的研究主体,与其他国家机构的合作关系较少。国内外发文作者合作关系区别在于中文文献发文作者的合作网络较大,不仅团队内的合作紧密,也有团队之间的合作,英文文献发文作者的团队分散且合作规模小,缺乏跨团队的合作交流。从研究内容来看,中英文文献的研究均关注贝母属植物的鉴定分类、活性成分与药理机制等方面,中文文献侧重贝母尤其是道地贝母的栽培种植、鉴定分类与质量评价、临床应用经验等,英文文献侧重贝母属植物的基础成分、药动学等方面的研究。从关键词突现分析可见中英文文献早期都围绕贝母的分类、鉴定、成分、工艺展开,而后期融合了现代技术与可持续理念,中文文献相关研究更聚焦本土贝母品种

与中医药基础理论,而英文文献相关研究则侧重多组学技术的整合应用。贝母属植物正从传统药用植物升级为跨学科、跨区域的研究样本,该领域也将继续展现出稳中有进的发展态势。

3.2 研究热点及趋势

3.2.1 活性成分及作用机制 贝母属植物含多种活性成分,包含生物碱类、皂苷类,多糖类等,其中生物碱类化合物具有镇咳、消炎和平喘等功效,是贝母属植物中主要活性成分。生物碱类活性成分是该领域的研究热点,其药理作用包括抗炎与免疫调节,抗肿瘤、代谢调节与器官保护等,皂苷类、多糖类等其他活性成分在呼吸系统疾病治疗、抗氧化、肿瘤辅助治疗等方面也有相关研究,为贝母属植物在临床应用上提供科学理论依据与治疗方案参考。

贝母素甲和贝母素乙是贝母生物碱类活性成分的研究热点,主要存在于浙贝母中,最早是从浙贝母中提取得到的,在药用方面有重要价值。在抗炎功效与免疫调节方面,贝母素甲和贝母素乙均能有效抑制炎症反应,对脂多糖诱导的巨噬细胞 Raw264.7 分泌的促炎因子一氧化氮、肿瘤坏死因子等有显著的降低作用,两者均可显著抑制 Raw264.7 细胞诱导型一氧化氮合酶(inducible nitric oxide synthase, iNOS)、环氧化酶-2(cyclooxygenase-2, COX-2)的蛋白表达,贝母素乙的抑制作用相比于贝母素甲更高^[25]。在抗关节炎的功效研究中,贝母素甲可显著抑制肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor- α , TNF- α)和核因子- κ B(nuclear factor- κ B,

NF- κ B) 诱导的滑膜炎和骨破坏, 改善关节炎症状^[26], 贝母素乙可降低血清及关节液中促炎因子的表达及抑制凋亡蛋白表达, 从而抑制关节炎反应和软骨细胞凋亡^[27]。此外, 贝母素甲通过阻断细胞表面信号调节丝裂原活化蛋白激酶 (mitogen-activated protein kinase, MAPK) 及 NF- κ B 信号传导来抑制脂多糖诱导炎症因子的产生, 能有效抑制脑缺血再灌注损伤中产生的炎症反应^[28], 且在急性肺损伤中能抑制促炎因子的释放, 同时增加具有促杀菌作用的肺表面活性物质相关蛋白 A 的合成及释放, 对肺损伤有保护作用^[29]。贝母素甲在治疗肥大细胞介导的速发型过敏反应上也发挥重要作用, 在人类肥大细胞中, 贝母素甲可减少佛波酯和钙离子载体 A23187 (Phorbol Myristate Acetate and Calcium Ionophore A23187, PMACI) 诱导的 NF- κ B 的表达和 MAPK 磷酸化, 抑制促炎因子及组胺的释放, 从而发挥抗过敏作用^[30]。而贝母素乙通过调节伏隔核相关的 C3 肉毒素底物 1、蛋白激酶 B (protein kinase B, Akt) 等信号通路对肺炎链球菌诱导的肺泡上皮组织损伤有减轻作用, 同时抑制细胞凋亡^[31]。贝母素乙还可通过抑制丝裂原活化蛋白激酶激酶 (mitogen-activated protein kinase kinase, MEK) /细胞外信号调节激酶 (extracellular signal-regulated kinase, ERK) 的磷酸化, 缓解柯萨奇病毒心肌炎的炎症反应, 抑制心肌细胞的凋亡^[32]。

在抗肿瘤作用方面, 贝母素甲和贝母素乙不仅可以有效抑制肿瘤细胞增殖, 还对肿瘤细胞多药耐药性有逆转作用。贝母素甲与贝母素乙对乳腺癌 4T1 细胞有显著的抑制作用, 通过降低转化生长因子- β (transforming growth factor- β , TGF- β)、血管内皮生长因子 (vascular endothelial growth factor, VEGF) 等与炎症密切相关细胞因子的分泌, 直接抑制乳腺癌细胞, 调控肿瘤微环境^[33], 贝母素甲还可通过降低参与肿瘤发病的凋亡蛋白 Bcl-2 的表达, 从而抑制人乳腺癌细胞 MCF-7/TAM 的增殖^[34], 而贝母素乙则通过阻断磷脂酰肌醇-3-羟激酶 (phosphatidylinositol-3-hydroxykinase, PI3K) 与下游分子 Akt 组成的 PI3K/Akt 信号通路, 通过其介导的线粒体凋亡途径来诱导乳腺癌 MCF-7 细胞凋亡, 有效抑制癌细胞增殖发展^[35]。除乳腺癌外, 贝母素甲、乙在卵巢癌、肝癌等疾病的治疗方面也表现出理想的研究价值, 低剂量贝母素甲联合化疗药物氟尿嘧啶协同作用可减轻使用化疗药物产生的骨髓

抑制、胃肠反应等不良反应, 并提高人卵巢癌 SKOV3 细胞抑制效果, 贝母素乙可通过调节叉头框蛋白 O3 (forkhead box protein O3, FOXO3) (激活)-叉头框转录因子 M1 (forkhead box M1, FOXM1) (抑制) 信号轴来实现抑制卵巢癌细胞的增殖、侵袭、迁移, 降低化疗耐药性, 且促进癌细胞凋亡, 增强卵巢癌的治疗效能, 抑制疾病发展^[36-37]。贝母素甲亦可阻止肝癌 HepG2 细胞的分裂增殖, 同时增加细胞的凋亡和坏死, 而肝癌 Huh-7 细胞在贝母素乙对于 p53 信号、细胞周期信号等多通路及关键因子的干扰作用下, 触发细胞衰老机制, 最终抑制癌细胞的增殖^[38-39]。此外, 贝母素甲可通过提高人急性髓系白血病 KG-1a 细胞的生长抑制率和晚期凋亡率来实现抗肿瘤作用, 也可调节人白血病 K562 细胞内的活性氧和谷胱甘肽含量, 使细胞内的氧化-还原失衡, 抑制 K562 细胞的增殖^[40-41]。贝母素乙在结肠癌方面也有潜在的药用价值, 其核心机制是调控细胞周期关键蛋白的表达, 诱导结肠癌细胞发生细胞周期阻滞, 从而达到抑制细胞分裂增殖效果^[42-43]。在逆转肿瘤细胞耐药性方面, 贝母素甲、乙均有不同程度的逆转作用, 贝母素甲可通过诱导活性氧爆发并降低谷胱甘肽水平来实现多药耐药白血病细胞 K562/A02 的抑制和凋亡, 贝母素乙与阿霉素联合应用调控 P-糖蛋白和分裂的半胱氨酸天冬氨酸蛋白酶-3 (cleaved cysteinyl aspartate protease-3, cleaved Caspase-3) 的表达, 协同逆转胃癌耐药移植瘤, 增强化疗药物的抗肿瘤效果^[44-45]。未来将延续贝母属植物活性成分及其作用机制方面的研究, 融合数据挖掘技术、基因组学、分子生物学等多维度的研究, 更深入地挖掘有效成分的药理作用, 为研发针对性药物和精准治疗提供理论支撑。

3.2.2 生长栽培及资源保护 贝母属植物是我国传统药用植物的重要类群之一, 具有极高的药用、经济及生态价值, 其生长环境要求严苛, 但由于过度采挖、城市化、农业扩张导致生态环境破坏等原因, 多种贝母野生资源急剧减少, 如川贝母所有基原物种均被列入《国家重点保护野生植物名录》II 级^[46]等, 保护工作迫在眉睫, 因此该属植物的生长栽培技术是该领域研究学者关注的热点。在种植地的选择与土壤条件准备方面, 不同贝母的生长适宜海拔与气候有明显差异, 如川贝母及其基原植物在海拔高于 3 000 m 与冷凉湿润的环境下生长最为适

宜,而浙贝母则更适合低海拔地区,喜温暖湿润的环境,忌高温与干旱^[47-48]。在土壤类型的选择上,贝母属偏好疏松肥沃、富含腐殖质的微酸性土壤,浙贝母适宜生长在砂质壤土地块,平贝母则适宜土层深厚且多黑土层的沙质土^[49-50],贝母属植物在种植前需深耕整地,施足基肥如腐熟鸡粪等,也可通过施加微生物菌肥,如固氮菌、溶磷真菌等,为避免连作引起的土壤酸化和养分流失,可通过轮作模式来改善。在品种选择与繁殖技术上,优先选择道地品种,繁殖方式主要为鳞茎繁殖、种子繁殖与组织培养,选育性状优良、抗病的贝母品系,对于贝母产业的发展有重要意义,如浙江育成的新品种“浙贝 3 号”较“浙贝 1 号”和“浙贝 2 号”性状表现稳定,抗病性较强,品质好,田间发病率显著降低,鳞茎繁殖率高,且贝母素甲乙总含量也有所提升^[51]。鳞茎与种子繁殖方式适用于多数贝母,但贝母组织培养中培养物存在着生长速度慢、增殖效率低等问题,无法达到大规模繁殖的目的,组织培养条件的优化是今后研究重点^[52]。在播种技术与田间管理技术方面,选择合适的播种时间,多数贝母在 9~10 月播种,贝母的播种密度与深度的研究表明,适宜的植株行距能够有效促进贝母生长发育及有效成分的积累,进而提高贝母的品质和药用价值,而合适的种植密度能提高贝母的抗逆性、产量及改良贝母的品质^[53-54],田间管理技术包含施肥管理、水分管理、除草与遮阴等环节,可保证植株健壮生长,播种前施足基肥,生长期针对性追肥,施加微生物菌肥,都有利于贝母的生长;贝母的种植土壤需保持湿润,避免积水,智能化分区灌溉可解决这一问题;采用黑膜覆盖抑制杂草与在高温时间对贝母进行遮阴降低光照强度也是贝母种植的重要环节。在采收与加工方面,合理的采收时间与加工方法是确保贝母品质的关键,过早采收会使贝母有效成分不足,采收后经过合适的清洗、分级、干燥方法,能减少贝母有效成分的流失。贝母属植物的栽培根据品种特性进行各项技术优化有助于突破人工种植技术瓶颈,推动种质资源库建设,兼顾生态保护与可持续利用,为实现未来贝母属植物的研究开发及生物多样性的长期存续提供充分保障。

3.3 专利申请热点与趋势

通过 Incopat 专利数据库对全球贝母属植物的相关专利进行可视化分析,展示贝母属植物专利申请热点与趋势。2005 年 1 月 1 日—2025 年 7 月 31

日共有贝母属植物专利 10 292 件,进行同族合并后得到 8 515 个专利族,其中中国专利有 9 980 件,占比 96.97%,国外专利 312 件,占比 3.03%,表明中国在全球贝母属植物研究领域的创新活跃度较高,但近年来活跃度有所下降,且中国贝母属植物专利有效率较低,78.12%的专利已失效,有效专利仅占 17.40%,提示着我国对贝母属植物相关专利的利用与保护仍需要提升。贝母属植物是川贝母、浙贝母等传统中药材的基原植物,通常用于清热润肺止咳、化痰散结,为上呼吸道感染常用中药,所以贝母属植物专利申请热点也大多集中在中药组合物及其制备方法、食品加工等技术创新程度较低且疗效相似的方面,表明贝母属植物相关技术同质化程度较高,还需进一步扩大技术创新的广度和深度。贝母属植物专利申请存在明显的地域差异,在中国、韩国和日本等亚洲地区所占比重较大,但要注意优化国内外贝母属植物的专利布局,以提高中国在全球贝母市场的竞争力和影响力。

针对贝母属植物专利申请活跃度不足、有效率较低、技术构成单一以及竞争力不强等问题,建议(1)构建激励研发主体提升专利质量与转化应用效能的制度体系,通过加强财政补贴,降低专利研发与维持成本,吸引创新型人才参与关键技术攻关,以推动贝母属植物相关研究的进一步发展。同时强化知识产权保护意识,完善技术成果保护机制。专利审查应转向质量优先导向,聚焦技术创新性、法律稳定性与价值实用性,引导研究方向从规模扩张转向技术突破,通过专利质量提升带动全产业链技术升级。(2)贝母属植物相关专利的研发内容与思路需要打破传统,加强除中药组合产品之外的技术研发,可从贝母属植物的活性成分、分子生物学等基础研究入手,深入贝母单体成分药物的开发,拓展新适应证,最大程度发挥贝母属植物的药用价值,并且加大对贝母属植物在食品科学方面的研发,充分发挥贝母药食两用的特性。通过推动跨学科技术融合,聚焦新技术、新方法等创新性较强的方向进行研究,以提升贝母属植物产品的附加值,引领贝母产业领域的未来发展方向。(3)目前贝母属植物专利的申请量主要集中在个人与企业,需要与各科研单位、学校之间建立紧密有效的合作机制,充分利用高校、科研院所的技术力量进行资源整合,形成技术联盟,克服自身发展短板,要与国家所倡导的“创新要以企业为主体,市场为导向,

产学研深度融合的技术创新体系”政策相契合^[55],从而提高贝母属植物产品的研发能力及技术创新,实现国内贝母产业的持续发展。同时应加强专利布局的全球视野,首先应完善贝母属植物的基础研究,为其进一步发展提供理论与数据支持,不断探索新的技术和应用领域,提高贝母属植物专利技术影响力,并积极与国际组织、各国政府的沟通交流,推动我国贝母属植物产品的相关标准与国际接轨,可通过 PCT 等途径加强海外专利申请,在全球范围内建立起竞争优势。

4 结论

本研究运用文献计量软件对贝母属植物的 2005 年 1 月 1 日—2025 年 7 月 31 日发表的中英文文献及同时间段内全球专利申请状况进行了可视化分析,展示了该领域的研究进展,为贝母属植物的深入研究与产业化发展提供了有益参考。结果显示,贝母属植物研究当前处于持续拓展与上升阶段,中英文文献早期都围绕其分类、鉴定、成分、工艺展开,而后期融合了现代技术与可持续理念,中文文献相关研究更聚焦本土贝母品种与中医药基础理论,而英文文献相关研究则侧重多组学技术的整合应用,贝母属植物的研究热点包括贝母生物碱等活性成分及其作用机制,以及生长栽培与资源保护。贝母属植物专利在全球分布差距明显,我国的专利申请量占据绝对主导地位,但当前仍面临申请活跃度不足、有效率较低、技术构成单一以及竞争力不强等问题。

贝母属植物未来的研究应以多学科交叉为驱动力,在资源保护、智能化生产、临床应用等方面实现突破,同时兼顾药用价值与生态效益,构建具有前瞻性、系统性、可持续性的研究体系,加强各研究者与机构间的合作,促进资源共享,利用各国之间的优势互补,共同提升该领域的研究深度与应用广度。我国虽为贝母属植物专利申请的主力国,但目前存在着专利申请有效率低、竞争力不强等问题,解决以上问题,需加强各机构与申请人之间、国与国之间的交流,深化产-学-研-用协同机制,培养和吸引高水平研究人才,积极完善贝母属植物的基础研究,充分挖掘贝母属植物在不同领域的优势,利用新技术、新方法提高专利质量,推动新型专利技术成果加速转化,将资源优势转化为知识产权优势,同时构建起符合新时代特点的现代化知识产权体系,推动贝母属植物产业实现高质量、可持续发展。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 (第四十二卷, 第一分册) [M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [2] 张翔, 李文涛, 段宝忠, 等. 基于品质特征的贝母类药材品种分类研究 [J]. 中草药, 2018, 49(9): 2140-2146.
- [3] 梁鹏, 朱俊杰, 张霞, 等. 基于文献和专利计量分析中药多糖免疫调节作用研究现状与发展前景 [J]. 中草药, 2025, 56(11): 3985-4004.
- [4] 王逾涵, 郎佳琪, 任雪杨, 等. 不同产地太白贝母根际解钾菌的筛选、鉴定及其促生特性研究 [J]. 中国土壤与肥料, 2025(6): 213-224.
- [5] 周浓, 王逾涵, 梅春梅, 等. 太白贝母种植区土壤生物肥力质量指标与评价 [J]. 中国土壤与肥料, 2025(5): 87-95.
- [6] 姚欢, 江春阳, 王悦珩, 等. 太白贝母挥发油提取的工艺优化及其成分分析 [J]. 食品与发酵工业, 2024, 50(16): 235-241.
- [7] 魏祖晨, 赵顺鑫, 周浓, 等. 响应面法优化浙贝母氨基酸提取工艺及含量测定 [J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(8): 180-188.
- [8] 黄小兰, 何旭峰, 周浓, 等. 浙贝母配方颗粒的指纹图谱建立及 3 种成分的含量测定 [J]. 中国药房, 2021, 32(20): 2473-2478.
- [9] 陈林, 韩林, 周浓, 等. 响应面法优化太白贝母粗多糖超声波提取工艺研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2015, 27(1): 109-113.
- [10] 李庆, 李林宏, 周丹, 等. 川贝母种子的质量评价 [J]. 华西药理学杂志, 2021, 36(6): 655-658.
- [11] 王道, 周琪, 杨力, 等. 暗紫贝母与瓦布贝母栽培品的质量比较 [J]. 华西药理学杂志, 2020, 35(6): 650-654.
- [12] 龚盼竹, 谢慧敏, 谢慧滢, 等. 暗紫贝母与卷叶贝母的栽培品 HPLC-ELSD 指纹图谱及对比分析研究 [J]. 华西药理学杂志, 2019, 34(5): 485-489.
- [13] 于国强, 王玲玲, 王琳玲, 等. 贝母类药材的 TLC 鉴别 [J]. 华西药理学杂志, 2016, 31(4): 439-440.
- [14] 李林宏, 叶本贵, 龚盼竹, 等. 不同施肥方式对川贝母产量及质量的影响 [J]. 华西药理学杂志, 2019, 34(3): 168-171.
- [15] 张大永, 王曙, 李庆, 等. 栽培川贝母采收年限的研究 [J]. 华西药理学杂志, 2010, 25(6): 725-726.
- [16] 李梓铭, 范小平, 金泽兰, 等. 浙贝母 GA20ox、NCED、IAA 的克隆、表达及在鳞茎发育中的作用 [J]. 农业生物技术学报, 2021, 29(9): 1710-1721.
- [17] 冯亚斌, 李沫宇, 吴秋丽, 等. 浙贝母 FPS 基因的克隆及其在生物碱代谢中的调控作用研究 [J]. 中草药, 2017, 48(5): 971-978.
- [18] Li H J, Jiang Y, Li P, et al. Puqienine F, a novel veratramine alkaloid from the bulbs of *Fritillaria puqiensis* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2006, 54(5): 722-724.
- [19] Li H J, Jiang Y, Li P. Characterizing distribution of steroidal alkaloids in *Fritillaria* spp. and related compound formulas by liquid chromatography-mass spectrometry combined with hierarchical cluster analysis [J]. *J Chromatogr A*, 2009, 1216(11): 2142-2149.
- [20] Du Y, Zheng Z G, Yu Y, et al. Rapid discovery of cyclopamine analogs from *Fritillaria* and *Veratrum* plants

- using LC-Q-TOF-MS and LC-QqQ-MS [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2017, 142: 201-209.
- [21] Xin G Z, Lam Y C, Maiwulanjiang M, *et al*. Authentication of *Bulbus fritillariae cirrhosae* by RAPD-derived DNA markers [J]. *Molecules*, 2014, 19(3): 3450-3459.
- [22] Li Y, Li Q S, Li X W, *et al*. Complete chloroplast genome sequence of *Fritillaria unibracteata* var. *wabuensis* based on SMRT sequencing technology [J]. *Mitochondrial DNA A DNA Mapp Seq Anal*, 2016, 27(5): 3757-3758.
- [23] Sun C, Sun Y, Song J, *et al*. Discovery of genes related to steroidal alkaloid biosynthesis in *Fritillaria cirrhosa* by generating and mining a dataset of expressed sequence tags (ESTs) [J]. *J Med Plants Res*, 2011, 5(21): 5307-5314.
- [24] 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.
- [25] 金泽兰, 董云哲, 李青, 等. 基于 LPS 炎症模型探究贝母素甲与贝母素乙对巨噬细胞 Raw264.7 的抗炎作用 [J]. *农业生物技术学报*, 2024, 32(10): 2361-2370.
- [26] Zhou J N, Mao Y H, Shi X T, *et al*. Peimine suppresses collagen-induced arthritis, activated fibroblast-like synoviocytes and TNF α -induced MAPK pathways [J]. *Int Immunopharmacol*, 2022, 111: 109181.
- [27] 彭博文, 冯立, 覃剑. 贝母素乙调节 RhoA/ROCK 信号通路对膝关节炎大鼠软骨损伤的影响 [J]. *中国骨质疏松杂志*, 2024, 30(7): 980-984.
- [28] 郭苏兰, 李佳娜, 肖水秀. 贝母素甲对小鼠脑缺血再灌注损伤炎症反应及自噬的影响 [J]. *中国老年学杂志*, 2019, 39(21): 5347-5350.
- [29] 归改霞, 夏西超, 马瑜红, 等. 贝母素甲对内毒素性急性肺损伤小鼠炎症因子表达的影响 [J]. *中国老年学杂志*, 2015, 35(18): 5089-5091.
- [30] Jung H S, Park J, Lee B N, *et al*. Peimine inhibits the production of proinflammatory cytokines through regulation of the phosphorylation of NF- κ B and MAPKs in HMC-1 cells [J]. *Phcog Mag*, 2017, 13(50): 359.
- [31] 张睿, 李翠红, 王有琴, 等. 贝母素乙对肺炎链球菌诱导肺泡上皮细胞损伤的影响及机制 [J]. *中国药房*, 2025, 36(7): 820-825.
- [32] 黄亚萍, 肖惠玲, 李艳红, 等. 贝母素乙抑制 MEK/ERK 的磷酸化对新生小鼠柯萨奇 B 病毒性心肌炎心肌细胞凋亡和炎症水平的影响 [J]. *中药药理与临床*, 2020, 36(1): 94-99.
- [33] 张玉人, 林洪生, 张英. 贝母素甲、贝母素乙对 4T1 乳腺癌细胞炎性微环境的干预调节作用 [J]. *中国中医基础医学杂志*, 2014, 20(11): 1504-1506.
- [34] 湛海燕, 陈信义. 贝母素甲抑制人乳腺癌细胞 MCF-7/TAM 增殖及其对细胞凋亡的影响 [J]. *中医药学报*, 2012, 40(4): 12-15.
- [35] 易念, 王莉, 王松, 等. 贝母素乙通过调控 PI3K/Akt 信号通路诱导乳腺癌 MCF-7 细胞凋亡 [J]. *现代肿瘤医学*, 2023, 31(12): 2180-2185.
- [36] 胡锴克, 曹静薇, 潘炫豪, 等. 贝母素甲对 SKOV3 细胞氟尿嘧啶敏感性的影响 [J]. *中成药*, 2023, 45(4): 1305-1308.
- [37] 杨发珍, 张红敏, 着么, 等. 贝母素乙调节 FOXO3⁻ FOXM1 信号轴对卵巢癌生物学行为和化疗耐药性的影响 [J]. *细胞与分子免疫学杂志*, 2024, 40(11): 976-982.
- [38] 陈万松, 熊伟, 熊书. 贝母素甲影响肝癌细胞生物学行为研究 [J]. *黑龙江科学*, 2022, 13(10): 16-18.
- [39] 陈观平, 李静, 卢莺燕, 等. 贝母素乙对肝癌 Huh-7 细胞生长抑制作用的转录组分析 [J]. *中国现代应用药学*, 2024, 41(17): 2345-2351.
- [40] 张宇, 陈信义. 贝母甲素抑制 AML-KG-1a 细胞增殖与诱导细胞凋亡研究 [J]. *中国肿瘤*, 2015, 24(4): 325-329.
- [41] 齐彦, 廖斌, 徐成波, 等. 细胞氧化-还原状态影响贝母素甲对人白血病细胞 K562 细胞增殖的抑制 [J]. *中国医药导报*, 2017, 14(18): 16-19.
- [42] 杨霞, 李雅茹, 李玥, 等. 贝母素乙通过下调 CDK2/C DK4/CDK6 和 cyclin D1 表达抑制人结肠腺癌 SW480 细胞活力 [J]. *中国病理生理杂志*, 2024, 40(6): 1070-1077.
- [43] 孙丽丽, 白冰, 杨霞, 等. 贝母素乙通过诱导 G0/G1 期阻滞抑制结肠癌细胞的增殖 [J]. *中国肿瘤生物治疗杂志*, 2024, 31(4): 326-332.
- [44] 齐彦, 廖斌, 徐成波, 等. 贝母素甲对多药耐药人白血病细胞活力和凋亡的影响及机制 [J]. *山东医药*, 2017, 57(26): 17-20.
- [45] 王云飞, 顾政一, 聂勇战, 等. 贝母素乙增强阿霉素对胃癌多药耐药裸鼠移植瘤的抑制作用及其机制研究 [J]. *中草药*, 2014, 45(5): 686-690.
- [46] 肖婷, 杨明豪, 王秋玲, 等. 濒危药材川贝母野生变家种进展 [J]. *中国中药杂志*, 2025, 50(16): 4483-4489.
- [47] 王淑慧, 梁鸿, 张庆英, 等. 川贝母资源与生产技术研究进展 [J]. *中国现代中药*, 2025, 27(4): 593-600.
- [48] 张兰胜, 谷文超, 文明, 等. 浙贝母栽培技术研究进展 [J]. *中国野生植物资源*, 2020, 39(5): 45-48.
- [49] 董诚明, 谷巍. 药用植物栽培学 [M]. 第 3 版. 上海: 上海科学技术出版社, 2020: 197.
- [50] 崔迪, 崔培章. 浙贝母高产栽培技术 [J]. *现代农业科技*, 2021(2): 43-44.
- [51] 江建铭, 俞信光, 王文静, 等. 浙贝母新品种“浙贝 3 号”的选育与品种特性 [J]. *中国中药杂志*, 2019, 44(3): 448-453.
- [52] 高素芳, 张延红, 何春雨, 等. 贝母组织培养研究进展 [J]. *甘肃农业科技*, 2021, 52(12): 81-88.
- [53] 张萌, 张海珠, 鄢小红, 等. 不同株行距对浙贝母异地引种后的质量分析 [J]. *浙江农业科学*, 2023, 64(3): 613-616.
- [54] 段媛媛, 刘晓洪, 唐涛, 等. 种植密度对湖北贝母生长及品质的影响 [J]. *中国农业科技导报*, 2023, 25(9): 197-206.
- [55] 中国政府网. 创新——第一动力如何引领发展 [EB/OL]. (2017-11-26) [2025-08-14]. https://www.gov.cn/zhuanti/2017-11/02/content_5236286.htm.