

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

梁 鹏¹, 朱俊杰², 张 霞^{2*}, 段金廛¹, 肖 平^{1*}

1. 南京中医药大学 江苏省中药资源产业化过程协同创新中心/中药资源产业化与方剂创新药物国家地方联合工程研究中心/国家中医药管理局中药资源循环利用重点研究室, 江苏 南京 210023
2. 南京中医药大学人工智能与信息技术学院, 江苏 南京 210023

摘 要: **目的** 基于文献计量学方法分析中药多糖免疫调节研究现状并预测未来的发展趋势, 并通过专利分析得到中药多糖免疫调节成果转化情况。**方法** 分别从中国知网 (CNKI) 数据库、Web of Science (WOS) 数据库核心集中收集文献, 利用 CiteSpace 软件对文献进行可视化分析; 分别从国家知识产权局 (China National Intellectual Property Administration, CNIPA) 数据库、世界知识产权组织 (World Intellectual Property Organization, WIPO) 数据库中收集相关专利, 利用 ItgInsight 软件进行可视化分析。**结果** 中药多糖免疫调节领域年发文量整体呈先上升后稳定的趋势。期刊发文量 *International Journal of Biological Macromolecules* 以 242 篇居于英文期刊首位, 《中草药》以 23 篇居于中文期刊首位。英文期刊发文量最多的作者为 Wang Deyun (29 篇), 中文期刊为谷新利 (16 篇)。南昌大学和南京农业大学以 19 篇并列中文文献发文机构第 1, 南京农业大学以 78 篇居于英文文献发文机构榜首。中英文文献关键词显示, 该领域的主要研究方向为中药多糖对免疫细胞的干预、中药多糖的免疫活性和抗肿瘤活性、中药多糖调节肠道菌群参与免疫调节等。中药多糖免疫调节相关专利主要集中于 A61 (医学)、A23 (食品)、C08 (有机高分子化合物)、C12 (生物化学) 和 C07 (有机化学) 领域。**结论** 中药多糖免疫调节作用研究领域已初具规模, 相关基础研究丰富, 但是受相关理论与技术制约, 该领域研究层次较为浅显, 产业化开展也难成规模, 需要相关专家团队攻克技术瓶颈, 深挖中药多糖的免疫调节内在机制, 注重产品开发和临床应用。

关键词: 中药多糖; 免疫调节; 文献计量学; 可视化分析; 专利分析; CiteSpace; ItgInsight

中图分类号: G350; R285; R284 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2025)11-3985-020

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2025.11.019

Research status and development prospect of immunomodulatory effect of polysaccharides in traditional Chinese medicine based on bibliometric and patentometric analyses

LIANG Peng¹, ZHU Junjie², ZHANG Xia², DUAN Jiniao¹, XIAO Ping¹

1. Jiangsu Collaborative Innovation Center of Chinese Medicinal Resources Industrialization, National and Local Collaborative Engineering Center of Chinese Medicinal Resources Industrialization and Formulae Innovative Medicine, Key Laboratory of Chinese Medicinal Resources Recycling Utilization, National Administration of Traditional Chinese Medicine, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China
2. School of Artificial Intelligence and Information Technology, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China

Abstract: Objective Based on bibliometric methods with CiteSpace, the research analyzed the status of immune regulation by traditional Chinese medicine polysaccharides (TCMP), and predicted future development trends. The transformation of immunomodulatory results of TCMP was obtained by patent analysis. **Methods** The literature on the immune regulation of TCMP was collected from the China National Knowledge Infrastructure (CNKI) and Web of Science (WOS) database and visualized by

收稿日期: 2025-01-05

基金项目: 江苏省高校自然科学基金重大 A 类项目 (24KJA360007); 中药学一流学科“引领计划”科学研究专项 (ZYXYL2024-001); 中药学一流学科前沿探索性交叉科学研究项目 (ZYXJC2024-010); 江苏省智慧中医药健康服务工程研究中心项目 (ZHZZY202413); 中央本级重大增减支项目 (2060302); 国家中医药管理局高水平中医药重点学科建设项目—中药资源化学 (ZYYZDXK-2023083)

作者简介: 梁 鹏 (2004—), 男, 本科生, 从事中药药效物质基础相关研究。E-mail: liangpeng@njucm.edu.cn

***通信作者:** 肖 平, 博士, 副教授, 研究方向为中药资源化学与中药药效物质基础。E-mail: xiaoping@njucm.edu.cn

张 霞, 博士, 副教授, 研究方向为中医药人工智能。E-mail: zhangxia@njucm.edu.cn

CiteSpace software. Patents related to the immune regulation of TCMP were collected from the State Intellectual Property Office (CNIPA) and the World Intellectual Property Organization (WIPO) database and visualized by ItgInsight software. **Results** The annual number of papers published in the field of immune regulation of TCMP showed a trend of rising first and then stabilizing. The number of articles published in the *International Journal of Biological Macromolecules* ranked first with 242 in English journals, and *Chinese Traditional and Herbal Drugs* ranked first with 23 in Chinese journals. Wang, Deyun (29 articles) was the author with the largest number of articles published in English journals, while Gu Xinli (16 articles) had the highest publication count in Chinese. Nanchang University and Nanjing Agricultural University tied for first in Chinese literature with 19 articles, while Nanjing Agricultural University ranked first in English with 78 publications. Chinese and English keywords analysis show that the main research directions in this field are the intervention of TCMP on immune cells, the immune activity and anti-tumor activity of TCMP, and the regulation of intestinal flora involved in immune regulation by TCMP, etc. The patents related to the immune regulation of TCMP are mainly concentrated in the fields of A61 (medicine), A23 (food), C08 (organic polymer compounds), C12 (biochemistry) and C07 (organic chemistry). **Conclusion** The research field on the immunomodulatory effects of TCM polysaccharides has begun to take shape with abundant basic studies. However, due to the difficulties in the extraction, separation and purification of TCMP and structural identification, the research level in this field is relatively shallow, and industrialization is difficult to achieve scale. However, the rise of immunosuppression and intestinal flora in recent years could lead to the immunomodulatory effects of TCMP. Relevant expert teams are required to overcome technical bottlenecks, explore the internal mechanism of immune regulation of TCMP, and pay attention to product development and clinical application.

Key words: traditional Chinese medicine polysaccharides; immunomodulation; bibliometrics; visual analysis; patent analysis; CiteSpace; ItgInsight

中药多糖由于其独特的生物学活性和药理作用,逐渐成为研究和应用的热点。近年来,随着现代科学技术的发展,中药多糖的研究日益深入,特别是在免疫调节方面的作用更是引起了广泛关注。一些热门中药多糖诸如黄芪多糖、灵芝多糖、枸杞多糖等具有较强的免疫调节活性^[1]、抗肿瘤活性^[2]、抗氧化^[3]等多种生物活性,有望成为新的免疫调节剂、抗肿瘤剂、抗炎剂等。这些独特的生物活性使得中药多糖在医药领域的应用前景广阔,尤其是在提高机体免疫力、防治相关疾病方面显示出巨大的潜力。相关文献也探究了中药多糖的免疫调节作用机制^[4-6],这不仅有助于丰富和完善中药多糖的理论体系,还能为新药的开发提供科学依据,具有重要的理论和实践意义。

文献计量学是利用数学统计学方法分析文献,以探究某一领域发展状况的一种科学方法^[7]。本研究利用 CiteSpace 软件,结合多种统计学方法对来源于中国知网 (CNKI) 和 Web of Science (WOS) 数据库核心集的中英文文献进行筛选,并对文献的发文量与发文国家、发文机构、发文期刊、发文作者、关键词共现及聚类分析等方面进行可视化分析,系统性地梳理中药多糖在免疫调节领域的研究情况,了解其发展趋势和热点,为未来的研究提供参考。利用 ItgInsight 软件,结合多种统计学方法对来源于国家知识产权局 (China National Intellectual Property Administration, CNIPA) 专利数据库和世界

知识产权组织 (World Intellectual Property Organization, WIPO) 数据库的中英文专利进行筛选,并对专利的申请量、申请国家、关键词共现及专利应用领域等方面进行可视化分析,整体把握中药多糖免疫调节领域成果转化情况,了解其发展现状,为未来产业化方向提供参考。

尽管中药多糖的研究已经取得了一定的进展,但仍然存在一些挑战和不足。目前,中药多糖的提取和纯化技术有待进一步优化^[8],中药多糖的构效关系尚不明确^[9],这些都制约着其在免疫调节方面的研究,同时,中药多糖免疫调节作用的分子机制也需要更深入的研究。此外,中药多糖的临床应用和产业化发展仍面临诸多障碍,包括质量控制、安全性评价、药效物质基础的明确等。本研究旨在通过文献计量学和专利分析的方法,系统梳理和分析中药多糖在免疫调节作用方面的研究历程与研究现状,把握该领域研究的热门中药多糖以及研究热点,探讨其未来的研究方向和产业化前景,为中药多糖免疫调节的深入研究和产业化应用提供科学依据和决策支持。

1 数据来源与方法

1.1 数据来源与检索

以 CNKI 数据库中的中国期刊全文数据库为文献获取来源,以“多糖”并且“免疫调节”为主题进行查询,设定筛选时间 2000 年 1 月 1 日—2024

年 9 月 31 日,剔除重复文献和无关文献后得到 1 256 篇文献组成中药多糖免疫调节的中文数据集,并将数据导入 CiteSpace。

以 WOS 的核心数据库为英文文献获取来源,以“polysaccharide”AND“immune”为主题进行查询,由于相关研究 1998—2000 年文献较少,设定筛选时间为 2000 年 1 月 1 日—2024 年 9 月 31 日,剔除重复文献和无关文献后得到 1 532 篇文献组成中药多糖免疫调节的英文数据集,并将数据导入 CiteSpace 软件进行分析。

以 CNIPA 专利数据库为中文专利获取来源,以“多糖”并且“免疫调节”为主题进行查询,专利类型选为“发明”和“实用新型”,时间 2000 年 1 月 1 日—2024 年 9 月 31 日,经人工剔除重复专利和无关专利后得到 2 639 篇专利组成中药多糖免疫调节的中文专利数据集,并将数据导入 ItgInsight 软件进行分析。

以 WIPO 数据库为英文专利获取来源,以“polysaccharide”AND“immunoregulation”为主题进行查询,专利类型选为“发明”和“实用新型”,时间 2000 年 1 月 1 日—2024 年 9 月 31 日,剔除重复文献和无关文献后得到 97 篇专利组成中药多糖

免疫调节的英文专利数据集,并将数据导入 ItgInsight 软件进行分析。

1.2 文献纳入与剔除

首先剔除检索结果中的会议论文、学术报告和报纸报道,然后将有关中药多糖免疫调节的研究文献纳入,剔除与中药多糖无关的文献,最后利用 CiteSpace 软件去掉重复文献和作者、关键词、期刊等信息不全的文献。

1.3 研究方法

采用文献计量学方法,对上述中药多糖免疫调节的相关研究文献数据集进行多维度的计量指标分析,以评述该领域的研究进展。在此基础上,结合 CiteSpace 软件进行发文量分析,国家、机构与核心作者合作网络分析,发文期刊分析,关键词共现分析及研究热点趋势分析,进行可视化图谱展示,反映中药多糖免疫调节研究领域的研究主题基本框架和发展演进的动态过程。相同方法进行专利检索,利用 ItgInsight 软件进行专利时间分布特征分析、专利全球分布特征分析、专利关键词共现分析、专利应用领域特征分析,进行可视化图谱展示,反映该领域的成果转化情况及产业化发展历程。具体研究流程见图 1。

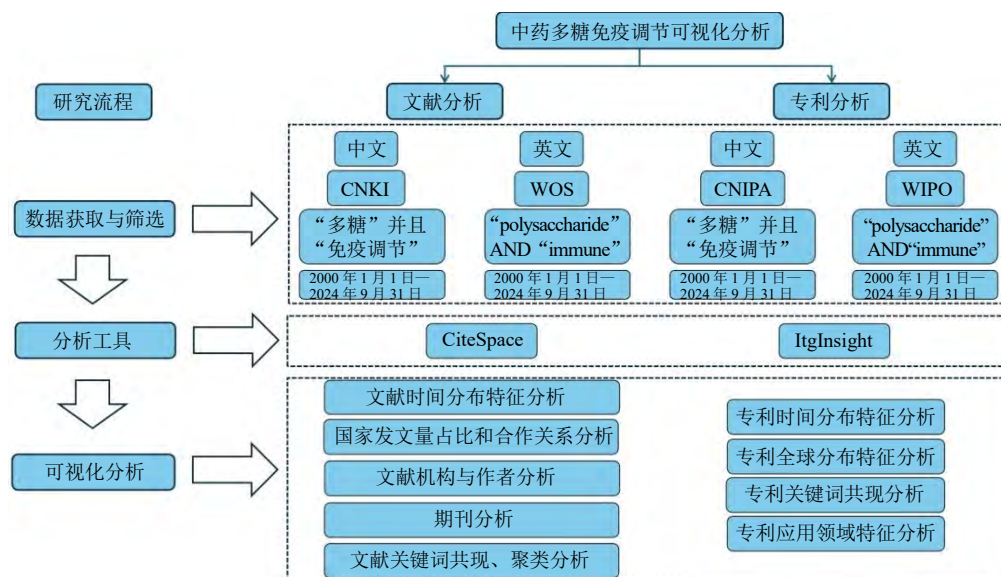


图 1 基于文献和专利计量分析中药多糖免疫调节作用的研究流程

Fig. 1 Research process of immunomodulatory effects of traditional Chinese medicine polysaccharides based on bibliometric and patentometric analyses

2 结果与趋势分析

2.1 文献时间分布特征及趋势分析

通过分析每年发表的中药多糖免疫调节相关

文献的数量,可以在一定程度上了解该领域的发展速度、演变规律及成熟程度。如图 2 所示,近 20 年来,国内外年发文量整体呈现出先上升后稳定的趋



图 2 2000—2024 年有关中药多糖免疫调节作用研究的发文量

Fig. 2 Number of publications on immunomodulatory effects of traditional Chinese medicine polysaccharides from 2000 to 2024

势。以年度发文量增减变化(±20 篇)为评判标准,中英文文献的年发文趋势可大致分为 3 个阶段。第 1 阶段(2000—2009 年),是该领域的初发展阶段,中文年发文量在 50 篇内波动,英文发文量则逐年缓慢增加;第 2 阶段(2010—2016 年),中文发文量提升至 80 篇并在该水平上下波动,但在 2015 和 2016 年发文量骤降至 50 篇,而英文文献依旧稳步上升;第 3 阶段(2017—2024 年),英文发文量突跃并逐步上升,并在 2021 和 2022 年达到高峰,其余在 120 篇上下波动,而中文发文量则在 70 篇上下波动,总体中英文发文量趋于稳定。由于文献纳入时间截止 2024 年 9 月 31 日,2024 年英文发文量或有新的突破,中文发文量预估年底依旧在 70 篇上下波动。

结合文献情况分析,第 2 阶段(2015—2016 年)发文量出现骤降的情况,其原因可能与部分学者团队研究方向的转移密切相关。如胡庭俊团队在 2014 年前在中药多糖免疫调节领域有较多文献发表,但是自 2014 年后少有中药多糖免疫调节的文献发表在中文期刊上,后续几年以多糖脂质体、鸡血藤总黄酮等为主要研究方向,致使中文发文量下降。与此同时,2015 年屠呦呦教授获得诺贝尔生理学或医学奖,这一重大事件在国际学术界引发了广泛关注。并且在该两年间,嵌合抗原受体 T 细胞免疫疗法(chimeric antigen receptor T-cell immunotherapy)疗法在全球范围内盛行,成为医学研究领域的热点。受这些因素的影响,部分学者可能调整了研究方向,将目光投向了小分子物质的靶向治疗领域,从而使得整体发文量有所降低。进入第 3 阶段,英

文发文量呈现出突跃式的增长态势。这主要是由于国际上流行性感冒、新型冠状病毒肺炎等疾病频繁爆发和流行,促使免疫调节领域的研究热度急剧上升。此外,国内学者在学术成果发表方面更倾向于外文期刊,这种倾向也在一定程度上导致 2018—2020 年中文发文量出现了回落的现象。

2.2 国家发文量占比及合作关系分析

通过对英文文献进行国家分布分析,共有 62 个国家对中药多糖免疫调节研究领域的发展做出了贡献,我国在该领域的研究成果占据绝对的优势地位。由图 3-A 可见,中国研究机构在该领域发文量占比为 73.9%,相比于其他国家的发文量有较大的优势,说明我国作为传统中医药的启源地,在该领域的研究中有绝对的主导性。排在发文量第 2 位的国家是韩国,发文量占比 6.3%,其次为美国,发文量占比 3.8%。除发文排名前 7 的国家外,其他国家发文量均少于 10 篇,发文量较少,说明中药多糖免疫调节领域在亚太和美洲地区有一定关注度,其他地区对该领域关注较少。

由图 3-B 可见,发文量超 10 篇的国家均有不同程度的合作,如中国和美国学者间的合作有“研究淫羊藿多糖的免疫调节活性和对 LLC-荷瘤小鼠的肿瘤生长的抑制作用”^[10]、“对甘草多糖(GPS-1)进行结构鉴定并探究其免疫调节活性”^[11]、“对黄芪多糖的免疫调节活性和抗肿瘤活性研究”^[12]等;中国和日本学者间的和合作有“通过研究发现旋覆花多糖通过与 Toll 样受体-4、程序性死亡受体-1 和血管内皮生长因子相互作用,激活免疫系统和抑制血管生成而具备抗肿瘤活性”^[13]、“发现黄芪多

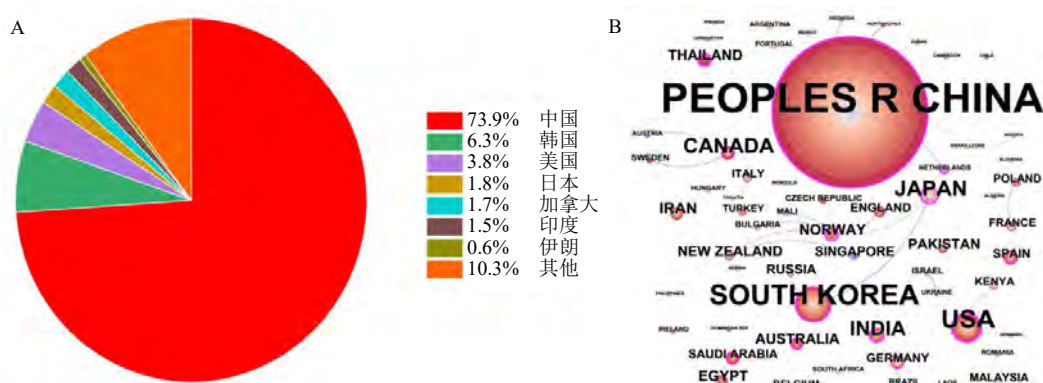


Fig. 3 Proportion of national publications of English literature (A) and national cooperation network (B)

糖可以抑制胶质瘤细胞增殖并改善免疫失衡”^[14]、“发现一种新型芍药多糖并探究其免疫调节作用和抗肿瘤活性”^[15]等。各个国家间学者相互合作,有力地促进了中药多糖免疫调节领域的发展。

2.3 机构分析

通过 CiteSpace 软件分析中英文文献发表机构的合作关系, 得到机构合作网络图, 如图 4 所示。对中文和英文文献累计发文量排名前 10 的机构进行排序, 如表 1 所示。从结果可以看出, 中文文献中共有 216 个机构参与中药多糖免疫调节领域的研究, 英文文献中共有 174 个机构参与该领域的研究。这表明尽管中文文献的数量少于英文文献, 但中文文献的发表机构数量却多于英文文献, 说明中药多糖免疫调节在国内百花齐放, 可能未在国际引起较大关注, 需要相关学者扩大其国际影响力, 引起更广泛的关注。

在中文文献的发文机构排名中，南昌大学和南

京农业大学并列榜首,各自均有 19 篇文献发表。其中,南昌大学有多篇论文探究了黑灵芝多糖的免疫调节效应^[16-19],但年份较久远,近些年该机构在中药多糖免疫调节领域发表的多为学位论文,期刊文献较少。相比之下,山东农业大学与南京农业大学则更加聚焦于中药多糖对免疫功能的调节作用^[20-21]。由图 4-A 可知,中文文献中的发文机构间合作并不紧密,多数合作限于机构内部,且发表的文献以综述类或学位论文为主。由图 4-B 可知,国内机构在外文期刊上合作较为频繁,但在中文期刊上的合作却显得相对薄弱。这提示各研究机构应进一步加强合作,发挥各自的专业优势,共同推动中药多糖免疫调节领域的发展,特别是在提升中文期刊的影响力和发表更多高水平论文方面还有很大的提升空间。

在英文文献的发文机构中,南京农业大学以 78 篇居于榜首,显示出其在多糖免疫调节领域研究的活跃度较高。该机构主要研究方向集中在中药多糖



Fig. 4 Cooperation networks of publishing institutions in Chinese (A) and English (B)

表 1 2000—2024 年中药多糖免疫调节作用研究中英文发文机构 (前 10)

Table 1 Publishing institutions in Chinese and English literature on immunomodulatory effects of traditional Chinese medicine polysaccharides research from 2000 to 2024 (top 10)

序号	中文发文机构	中文发文量/篇	英文发文机构	英文发文量/篇
1	南昌大学	19	Nanjing Agricultural University	78
2	南京农业大学	19	Chinese Academy of Sciences	49
3	山东农业大学	17	Shandong Agricultural University	33
4	石河子大学动物科技学院	11	Tianjin University Science & Technology	32
5	东北师范大学	10	Ministry of Agriculture & Rural Affairs	26
6	福建农林大学	9	Nanchang University	24
7	吉林农业大学	9	Fudan University	21
8	广州中医药大学	9	Peking University	18
9	吉林大学	9	China Agricultural University	18
10	黑龙江中医药大学	7	Nanjing University of Chinese Medicine	17

的免疫增强作用以及中药多糖对于牲畜的免疫调节作用。例如, Wang 等^[22]发现蛹虫草多糖可增强免疫抑制小鼠的免疫力和抗氧化活性; Cai 等^[23]通过小鼠体内外实验证实葛根多糖可以作为一种有效的免疫调节剂, 提升 RAW264.7 细胞、T 细胞和 B 细胞的免疫功能, 并改善环磷酸胺处理过的小鼠的免疫功能。中国科学院、山东农业大学和天津科技大学也在英文文献发表方面表现出较高的活跃度^[24-28], 表明这些研究机构对中药多糖在免疫调节方面的研究投入了大量的关注。此外, 表 1 中列出的机构之间存

在不同程度的合作关系, 各农业大学间的紧密联系促进了中药多糖在农业及畜牧业中的应用与发展。

2.4 期刊分析

通过对数据库中发表的期刊文献进行分析, 得出了累计发文量排名前 10 的期刊。由表 2 可知, 有关中药多糖免疫调节的研究在英文期刊上的发表数量相对较高, 结合具体文献质量来看, 中文文献以该领域的综述和学位论文为主, 关于中药多糖免疫调节的机制研究较少, 而英文文献更多聚焦于中药多糖免疫调节机制的研究。

表 2 发文量排名前 10 的中英文期刊

Table 2 Top 10 Chinese and English journals in terms of number of publications

序号	中文期刊	发文量/篇	英文期刊	发文量/篇
1	中草药	23	<i>International Journal of Biological Macromolecules</i>	242
2	食品科学	22	<i>Carbohydrate Polymers</i>	74
3	食品工业科技	13	<i>International Immunopharmacology</i>	49
4	中国免疫学杂志	12	<i>Molecules</i>	46
5	黑龙江畜牧兽医	12	<i>Journal of Ethnopharmacology</i>	43
6	食品研究与开发	11	<i>Journal of Functional Foods</i>	37
7	中国食品学报	10	<i>Food & Function</i>	32
8	动物医学进展	10	<i>Frontiers in Pharmacology</i>	30
9	现代食品科技	10	<i>Fish & Shellfish Immunology</i>	29
10	时珍国医国药	9	<i>Biomedicine & Pharmacotherapy</i>	26

在中文文献发表期刊中,《中草药》《食品科学》和《食品工业科技》分别以 23 篇、22 篇与 13 篇居于前 3。其中研究热点主要集中于中药多糖的提取、结构鉴定、结构修饰以及免疫活性研究, 如罗汉果根多糖的分离纯化及免疫活性研究^[29]、枳壳多糖 CALB-1 的提取、分离纯化及免疫调节活性研究^[30]

和碱提灵芝多糖的分离纯化、结构表征及免疫活性评价^[31]等。同时, 中文数据库中还包含中药多糖在畜牧业和动物医学领域发挥免疫调节作用的文献, 如山药多糖对动物机体免疫调节作用的 Meta 分析^[32]和饲料中添加甘草多糖对仔猪生长性能和免疫性能的影响^[33]等。

在英文文献发表期刊中, *International Journal of Biological Macromolecules* (国际生物大分子杂志) 以 242 篇文章位居于首位, 显示了该刊物在全球中药多糖免疫调节研究领域内占据的重要地位。代表性研究包括“牛蒡多糖通过 TLR4/NF- κ B 信号通路对细胞的免疫调节作用和炎症抑制作用”^[34]、“黄芪多糖通过调节肠道菌群对环磷酰胺诱导的免疫抑制小鼠的免疫刺激活性”^[35]以及“防风多糖的结构表征和免疫调节活性研究”^[36]等基础科学研究。*Carbohydrate Polymers* (碳水化合物聚合物) 则以 74 篇次之, 并且与其他排名靠后的期刊相比有着明显的优势, 表明其也是中药多糖免疫调节领域较有影响力的期刊之一。例如, *Carbohydrate Polymers* 上发表的文献涵盖了“水提金银花多糖通过调节 NLRP3-IL-17 信号轴减轻过敏性鼻炎”^[37]和“霍山石斛多糖通过 Toll 样受体 4 刺激肠上皮细胞调节肠固有层免疫反应”^[38]等机制研究、鲜龙眼和干龙眼水溶性多糖的体外免疫调节活性^[39]等基础科学研究。

2.5 核心作者及合作网络分析

通过 CiteSpace 软件对作者进行分析, 结果显示中文文献共计 282 位作者, 英文文献则共计 248 位作者。根据普赖斯定律计算得出中文文献 $N=2.484$, 四舍五入得发文量大于 2 篇为核心作者, 统计出 29 名核心作者, 累计发文 133 篇, 占中文文献发文量的 10.6%; 英文文献 $N=4.033$, 四舍五入

得发文量大于 4 篇为核心作者, 统计出 56 名核心作者, 累计发文 359 篇, 占英文文献发文量的 23.4%。中英文文献发文量前 10 的作者见表 3。

在中文文献中, 石河子大学的谷新利团队位居榜首, 主要研究中药复方多糖的免疫调节作用^[40-43]; 广西大学的胡庭俊团队主要研究马尾藻多糖和黄芪多糖的免疫调节作用^[44-47]。这 2 个团队近些年在中药多糖免疫调节领域开展研究较少, 谷新利团队的论文产出主要集中在 2017—2018 年, 胡庭俊团队在该领域的文献贡献集中在 2015 年之前。结合图 5-A, 聂少平团队、段金廛团队、汲晨锋团队等也对中文文献做出了较大贡献。

表 3 中文和英文文献中发文量前 10 的作者

Table 3 Top 10 authors in Chinese and English literature

序号	中文文献		英文文献	
	作者	发文量/篇	作者	发文量/篇
1	谷新利	11	Wang Deyun	29
2	朱晓庆	10	Hu Yuanliang	23
3	胡庭俊	9	Liu Jiaguo	20
4	刘晓婷	8	Liu Zhenguang	12
5	商云霞	7	Gu Pengfei	11
6	马昭	7	Yang Yang	11
7	聂少平	6	Wu Yi	10
8	刘伟	5	Fan Yunpeng	8
9	段金廛	4	Nie Shaoping	8
10	肖平	4	Zhang Tao	8



图 5 中文 (A) 和英文 (B) 文献作者合作网络

Fig. 5 Cooperation networks of authors of Chinese (A) and English (B) literatures

值得注意的是, 英文文献的主要贡献者大多为中国学者, 且发文量排名前 10 的作者均来自中国, 其中南京农业大学的 Wang Deyun 以 29 篇位居榜首。紧随其后的是 Hu Yuanliang (排名第 2)、Liu

Jiaguo (第 3)、Liu Zhenguang (第 4)、Gu Pengfei (第 5) 以及 Wu Yi (第 7), 他们同样隶属于南京农业大学。这些研究人员共同努力, 在中药多糖领域取得了显著成就, 主要是对中药多糖的提取、纯

化、修饰及其生物活性进行研究^[48]；探讨黄芪多糖与硫酸化淫羊藿多糖协同作用对抗免疫抑制效应^[49]；研究硒化修饰百合多糖及其免疫增强效果^[50]；以及发现硫酸化处理能提高枸杞多糖免疫功能^[51]等。他们在该领域发表了多篇高被引论文，极大地推动了该领域的科学进步。由图 5-B 所示，英文文献的主要贡献作者团队还有 Nie Shaoping 团队、Lin Zhibin 团队、Chen Yan 团队等。

值得一提的是，中文文献作者的平均发表数量低于英文文献作者，结合后者的数据可以看出，大多数国内研究者更倾向于将研究成果发表于国际期刊上，表明国际平台对于中国科研人员来说更具吸引力，而相比之下，本土期刊则显得稍逊一筹。此外，南昌大学的聂少平团队在中文与英文文献发

文中均处于前 10，这反映了他们团队在中药多糖免疫调节研究中占据的重要位置。

2.6 关键词分析

2.6.1 关键词共现分析 本研究将筛选出的中英文文献以 Refworks 形式导入 CiteSpace 软件进行分析。在设定 K 值为 11 的情况下，中文文献产生了 285 个关键词，而英文文献则生成了 292 个关键词。中文图谱选取频数 ≥ 14 的关键词进行标注，英文图谱选取频数 ≥ 50 的关键词进行标注，生成的关键词共现网络图谱见图 6，相应关键词词频见表 4。图中每个节点对应 1 个关键词，节点大小表示该关键词在该文献集中出现的频率，节点间的连线表示二者之间的相关性^[7]。图 6-A 共有 597 处连线，连线密度为 0.014 7；图 6-B 则共有 1 114 处连线，连线密度为 0.005 7。

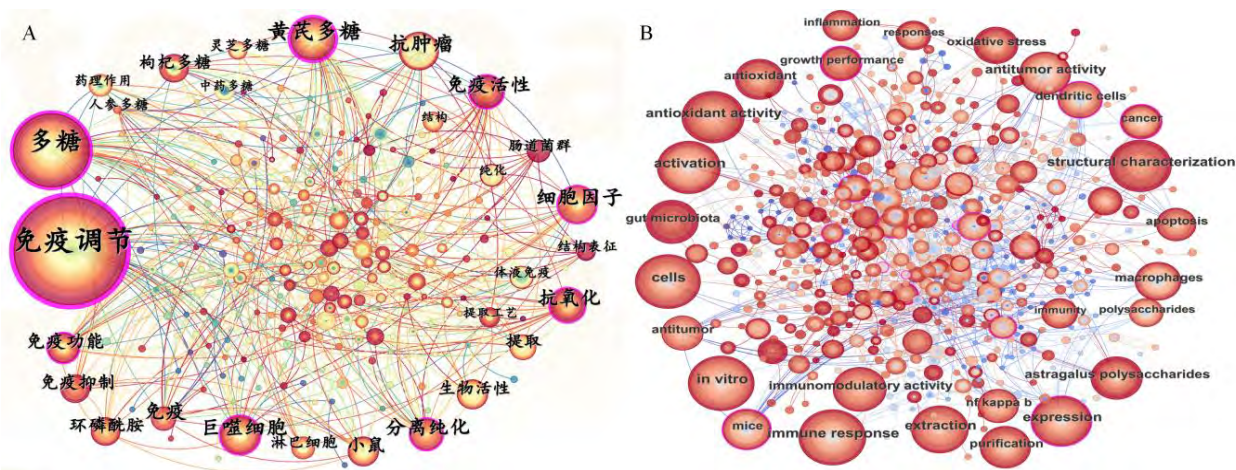


图 6 中文 (A) 和英文 (B) 文献关键词共现图

Fig. 6 Co-occurrence diagrams of keywords in Chinese (A) and English (B) literature

结合图 6-A 与表 4，中文文献主要关注黄芪多糖（频数 114）、枸杞多糖（频数 35）、灵芝多糖（频数 20）和人参多糖（频数 18）等中药多糖的研究，重点探讨了这些多糖对巨噬细胞（频数 81）、淋巴细胞（频数 19）等免疫细胞功能的影响^[52-53]、抗肿瘤（频数 81）效果^[54]、对肠道菌群（频数 22）的作用^[55]及其免疫调节机制^[56-57]，以及对细胞因子（频数 77）的影响^[58]。此外，还有部分文献涉及到中药多糖的生物活性、提取与纯化方法的优化以及抗氧化作用。

结合图 6-B 与表 4，英文文献研究范围更为广泛，其中 astragalus polysaccharides（黄芪多糖）是研究的热点中药多糖（频数 122），免疫调节的相关研究主要聚焦于中药多糖的 antitumor activity（抗

肿瘤活性）和 immunomodulatory activity（免疫调节活性）^[59]、对 cancer（癌症）的影响^[60-61]以及对 dendritic cells（树突细胞）和 macrophage（巨噬细胞）等免疫细胞的作用^[62]；同时，也包括中药多糖对 gut microbiota（肠道菌群）的影响^[63]及其在免疫功能调节中的角色。另外，英文文献还深入探讨了中药多糖的 structural characterization（结构表征）、extraction/extract（提取）和 antioxidant activity（抗氧化活性）。值得注意的是，英文文献中出现了如 *in vitro*（体外）^[64]、activation（激活活化）^[65]、apoptosis（细胞凋亡）^[66]等高频关键词（频数均超过 50 次），这表明英文研究对中药多糖的某些免疫调节机制进行了更为深入和详尽的解释，这对于推动中药多糖的研究具有重要意义。

表 4 中英文文献高频关键词频次

Table 4 Frequency of high frequency keywords in Chinese and English literature

序号	中文文献关键词	频数	中介中心性	英文文献关键词	翻译	频数	中介中心性
1	免疫调节	499	0.46	<i>in vitro</i>	体外	187	0.01
2	多糖	267	0.41	activation	活化	187	0.10
3	黄芪多糖	114	0.24	immune response	免疫应答	179	0.03
4	巨噬细胞	81	0.18	cells	细胞	179	0.01
5	抗肿瘤	81	0.09	expression	表达	172	0.10
6	细胞因子	77	0.13	antioxidant activity	抗氧化活性	163	0.08
7	免疫活性	74	0.15	extraction	提取	151	0.00
8	分离纯化	68	0.18	structural characterization	结构表征	151	0.01
9	抗氧化	67	0.12	antitumor activity	抗肿瘤活性	127	0.07
10	免疫	67	0.08	immunomodulatory activity	免疫调节活性	125	0.01
11	免疫功能	52	0.11	<i>Astragalus</i> polysaccharides	黄芪多糖	122	0.06
12	小鼠	47	0.06	purification	纯化	104	0.00
13	免疫抑制	46	0.06	gut microbiota	肠道菌群	103	0.04
14	环磷酰胺	40	0.05	antioxidant	抗氧化剂	103	0.01
15	提取	37	0.06	mice	小鼠	100	0.10
16	枸杞多糖	35	0.08	macrophages	巨噬细胞	100	0.08
17	生物活性	35	0.06	antitumor	抗肿瘤	96	0.07
18	肠道菌群	22	0.04	dendritic cells	树突细胞	91	0.14
19	灵芝多糖	20	0.02	apoptosis	细胞凋亡	82	0.09
20	淋巴细胞	19	0.04	oxidative stress	氧化应激	78	0.10
21	人参多糖	18	0.05	NF- κ B	核因子- κ B	77	0.03
22	结构表征	18	0.06	cancer	癌症	75	0.12
23	体液免疫	16	0.02	growth performance	生长性能	67	0.12
24	药理作用	16	0.05	polysaccharides	多糖	58	0.03
25	纯化	16	0.05	inflammation	发炎	56	0.01
26	结构	14	0.04	responses	响应	55	0.04
27	提取工艺	14	0.01	immunity	免疫	54	0.02
28	中药多糖	14	0.02	optimization	优化	49	0.04

综上所述，中文文献广泛研究了多种中药多糖的生物活性，部分文献深入探讨了中药多糖对免疫细胞和肠道菌群的作用机制及其免疫调节功能。相比之下，英文文献则更侧重于研究中药多糖的免疫调节机制及其在癌症、炎症等疾病治疗中的应用潜力，探索其作为抗肿瘤剂和炎症抑制剂的可能性。特别值得注意的是，黄芪多糖在图 6-A、B 中均被提及，显示其为中药多糖免疫调节领域的研究热点。同时，巨噬细胞、细胞因子、抗肿瘤和肠道菌群等关键词在图 6-A、B 中多次出现，表明中药多糖的免疫调节机制及应用场景主要集中在这些领域。

2.6.2 关键词聚类分析 在 CiteSpace 中使用对数似然比 (log-likelihood-ratio, LLR) 算法对中英文文献的关键词进行聚类分析，聚类的节点数越多、研

究热点越强，其聚类序号越小^[67]。模块值 (Q) 和平均轮廓值 (S) 是评估 CiteSpace 聚类效果的 2 个重要指标。当 Q 值大于 0.3 时，表明划分出的聚类结构具有显著性； S 值大于 0.5 则认为聚类合理，而当 S 值达到 0.7 时，则表示聚类效率高且结果令人信服^[68]。中文文献聚类情况如图 7-A 所示，中文文献共有 285 个节点，685 条连线，连线密度为 0.0169， Q 值为 0.4742 (>0.3)，表明聚类具有较高的有效性； S 值为 0.7849 (>0.7)，说明聚类情况可信度很高，关键词间的联系紧密。英文文献聚类情况如图 7-B 所示，英文文献包含 292 个节点，887 条连线，连线密度为 0.0209； Q 值为 0.4197 (>0.3)， S 值为 0.7594 (>0.7)，表明该聚类划分合理且高效，具有较高的可信度。

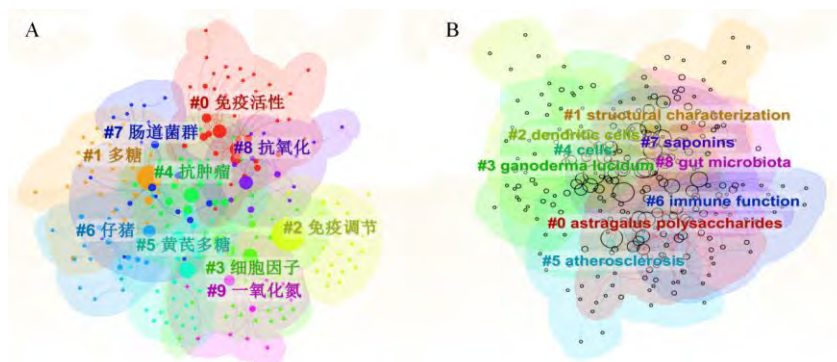


图 7 中文 (A) 和英文 (B) 文献关键词聚类图

Fig. 7 Keyword clustering diagrams of Chinese (A) and English (B) literature

表 5 10 个具有代表性的中文文献聚类名单

Table 5 List of ten representative clusters in Chinese literature

聚类名称	节点数	轮廓值	主要年份	主要关键词
#0 免疫活性	45	0.756	2011	分离纯化; 香菇多糖; 化学结构; 免疫活性; 抗肿瘤活性; 结构与功能关系
#1 多糖	34	0.811	2011	免疫调节; 功效差异; 外周血淋巴细胞; 免疫增强; 电感耦合等离子体质谱; 体液免疫; 细胞免疫; 口蹄疫疫苗; 卵清蛋白
#2 免疫调节	32	0.783	2008	免疫调节; 黄芪多糖; 淋巴细胞; 信号转导; SPF 雏鸡; 细胞因子; 松针多糖; 人参多糖
#3 细胞因子	29	0.853	2011	巨噬细胞; 小叶黑柴胡; 猪苓多糖; 细胞因子; 免疫抑制; 免疫器官; 淋巴细胞; 刺五加多糖
#4 抗肿瘤	27	0.655	2009	免疫调节; 药理作用; 红花多糖; 免疫性肝损伤; 枸杞多糖; 植物多糖; 免疫功能调节; 蛋白质组学; 细胞凋亡
#5 黄芪多糖	27	0.827	2008	黄芪多糖; 免疫调节剂; 双向调节; 巨噬细胞移动抑制因子; 肺炎球菌; 免疫调节; 党参多糖; 当归多糖; 红芪多糖; 新型疫苗佐剂
#6 仔猪	22	0.798	2007	免疫功能; 分离纯化; 中药复方; 生长性能; 海藻多糖; 临床药效学; 肠道黏膜; 党参多糖
#7 肠道菌群	20	0.826	2018	肠道菌群; 结构表征; 代谢组学; 酒精性肝损伤; 酒精性肠损伤; 免疫调节; 基因表达; 蛋白组学; 黏膜免疫; 免疫功能
#8 抗氧化	16	0.709	2016	免疫调节; 提取分离; 桑黄多糖; 乙酰化多糖; 肠道微生物; 单糖组成; 铁皮石斛; 植物多糖; S180 肿瘤
#9 一氧化氮	12	0.869	2009	免疫调节; 环磷酸胺; 螺旋藻多糖; 免疫低下; 诱导型一氧化氮合酶; 一氧化氮; 白细胞介素-1; IFN- γ ; 海藻多糖; 吞噬功能

对中文文献的聚类和其中的主要关键词进行分析, 结果见表 5。#0 免疫活性和#2 免疫调节的研究主要集中在中药多糖的免疫活性、抗肿瘤活性以及构效关系上; #3 细胞因子、#7 肠道菌群、#9 一氧化氮的研究侧重于中药多糖的免疫调节机制; #1 多糖、#5 黄芪多糖的研究内容涉及中药多糖的结构表征及不同中药多糖的免疫活性或免疫调节作用; #4 抗肿瘤和#6 仔猪的研究揭示了中药多糖在免疫调节应用领域的实践。

如表 6 所示, 对英文文献的聚类和其中的主

要关键词进行分析发现, #0 *Astragalus polysaccharides* (黄芪多糖) 和#3 *Ganoderma lucidum* (灵芝) 被揭示为国际上中药多糖研究的代表, 主要聚焦于其免疫调节作用; #2 *dendritic cells* (树突状细胞)、#4 *macrophages* (巨噬细胞) 以及#8 *gut microbiota* (肠道菌群) 的研究则集中于探索中药多糖的免疫调节机制; 而#1 *structural characterization* (结构表征) 和#6 *immune function* (免疫功能) 的研究则涉及中药多糖的结构特征、免疫调节活性及抗肿瘤效果。

表 6 9 个具有代表性的英文文献聚类名单

Table 6 List of nine representative clusters in English literature

聚类名称	节点数	轮廓值	主要年份	主要关键词
#0 astragalus polysaccharides	45	0.747	2013	astragalus polysaccharides; dendritic cell; haemorrhagic disease; virus; Toll-like receptors; antitumor; astragalus polysaccharide; cell; apoptosis; mitochondria pathway; macrophages activation; signaling; cascade
#1 structural characterization	40	0.842	2012	structural characterization; immunoregulatory activity; hibiscus; sabdariffa; health food; antitumor immunomodulatory activity; cell membrane receptor; nelumbo nucifera; potential immunostimulator; graft modification
#2 dendritic cells	37	0.784	2010	dendritic cells; dec-205 receptor; colorectal cancer; schistosoma mansoni; antrodia camphorate ganoderma lucidum polysaccharides; immunomodulating activity; antiangiogenic therapy; bonemarrow cells; dss-treated mice
#3 <i>Ganoderma lucidum</i>	32	0.835	2010	<i>Ganoderma lucidum</i> ; immune; function; anticancer activity; herbal medicine; peritoneal macrophages biological activity; structural features; <i>Platycodon grandiflorum</i> polysaccharides; <i>Curcuma xanthorrhiza</i> ; antitumor activity
#4 cells	32	0.627	2012	signaling pathway; cells; acid; immunity; water soluble polysaccharides; dendritic cell; nitric oxide; inflammatory responses; bovine mammary cells; health-promoting property
#5 atherosclerosis	31	0.743	2007	immune response; chinese yam polysaccharide; humoral response; cellular response; preparation excipient; nitric oxide; antitumor activity; immunomodulation; plant activation
#6 immune function	24	0.776	2011	immune function; radix isatidis; gut microbiota; hakim caput-medusae polysaccharide; innate immune response; antioxidant activity; immune response; islet; inflammation; glucose
#7 saponins	24	0.68	2008	antitumor activity; immunological activity; structural characterization; differentiation; purification signaling pathways; mice; advanced glycation; injury; self renewal
#8 gut microbiota	23	0.768	2018	gut microbiota; short-chain fatty acids; wild morels; immune regulation; turmeric polysaccharides; intestinal microbiota; <i>Apostichopus japonicus</i> cordyceps polysaccharides; immunomodulating activity; intestinal barrier function

结合图 7-A, 揭示了#6 仔猪作为中药多糖免疫调节的新应用场景, 而图 7-B 则展示了#5 atherosclerosis (动脉粥样硬化) 在这一领域的新应用。参考表 5、6, 可以发现仔猪聚类研究中, 中药复方多糖的应用较为普遍但研究深度有限, 主要探索其对仔猪肠道黏膜的影响。相对而言, #5 动脉粥样硬化聚类以山药多糖为代表, 更深入地研究了其通过 humoral response (体液免疫)、cellular response (细胞免疫) 等免疫调节机制治疗该病症的作用。此外, 中英文文献中均出现了肠道菌群的聚类, 表明国内外学者对中药多糖如何影响肠道菌群充满兴趣。这不仅揭示了中药多糖直接作用于免疫细胞的机制, 还暗示了其可能通过调节肠道菌群间接发挥免疫调节作用, 为今后的研究提供了新方向。

2.6.3 关键词时间线分析

时间图谱能够直观地

展示关键词在特定时间段内的出现和流行趋势，为研究者提供关于某个领域或主题随时间发展的趋势。由图 8-A 所示，中文文献中#0 免疫活性、#1 多糖、#2 免疫调节和#5 黄芪多糖自 2000 年至 2024 年的研究持续活跃，各个时间段均有不同的关键词热点；#3 细胞因子在 2003—2010 年研究较少，未形成明显的关键词热点；#4 抗肿瘤在 2005—2009 年的研究也相对较少；#7 肠道菌群的研究自 2010 年开始兴起，近年来关键词显著增加，显示出较大的发展潜力；而#6 仔猪领域从 2015—2024 年的关键词出现频率较低，表明该领域的研究活力不足，需要讲一步发展。

从图 8-B 可以看出,英文文献中#0 astragalus polysaccharides (黄芪多糖)和#1 structural characterization(结构表征)自2005年至2024年的

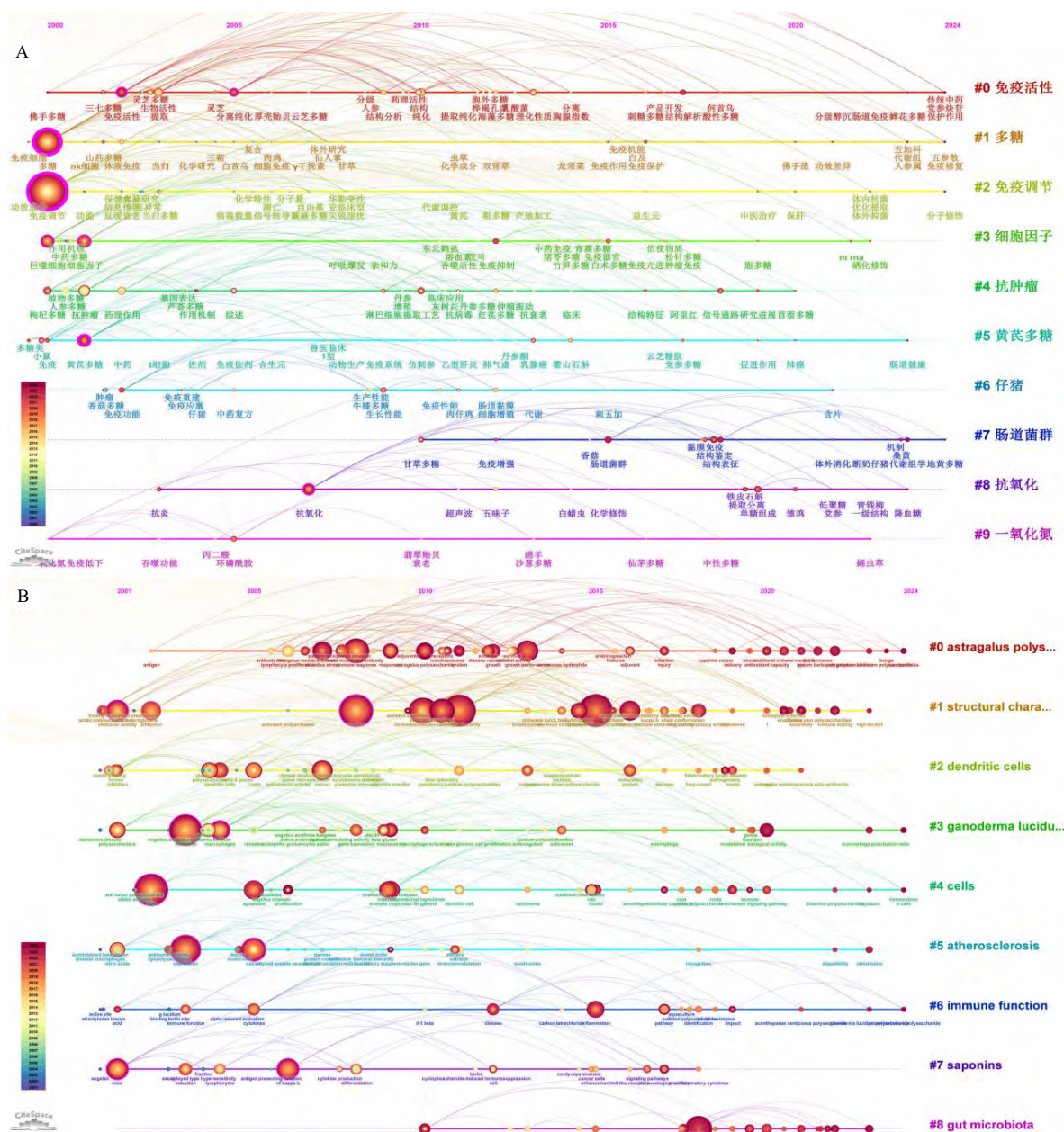


图 8 中文 (A) 和英文 (B) 文献关键词时间线图

Fig. 8 Timeline diagrams of keywords in Chinese (A) and English (B) literature

研究非常活跃, 关键词层出不穷, 表明这 2 个研究方向仍有深入挖掘的空间; #2 dendritic cells (树突细胞)、#3 *Ganoderma lucidum* (灵芝多糖) 和 #4 cells (细胞) 研究领域充满活力, 说明这些方向同样值得学者们关注; #8 gut microbiota (肠道菌群) 自 2010 年起逐渐发展, 并在 2018—2024 年出现了大量的关键词热点, 显示其成为中药多糖免疫调节研究的新兴热点; #6 immune function (免疫功能) 的时间线较长, 但整体活力一般, 尽管在 2018—2020 年有较多关键词出现, 可能与新型冠状病毒肺炎相关,

而在 2020—2024 年也有少量关键词出现, 这表明该领域仍然值得关注。

如图 9-A 所示, 中文文献中抗肿瘤研究和免疫抑制的研究热点持续时间较长。其中, 抗肿瘤研究在 2000—2013 年占据主导地位; 自 2012 年起, 新的研究热点不断涌现, 包括中药多糖的提取纯化及以灵芝多糖为代表的免疫调节研究; 从 2015 年开始, 中药多糖的结构研究及其对肠道菌群的影响成为新的研究焦点。如图 9-B 所示, 英文文献中, *Ganoderma lucidum* (灵芝多糖)、dendritic cells (树

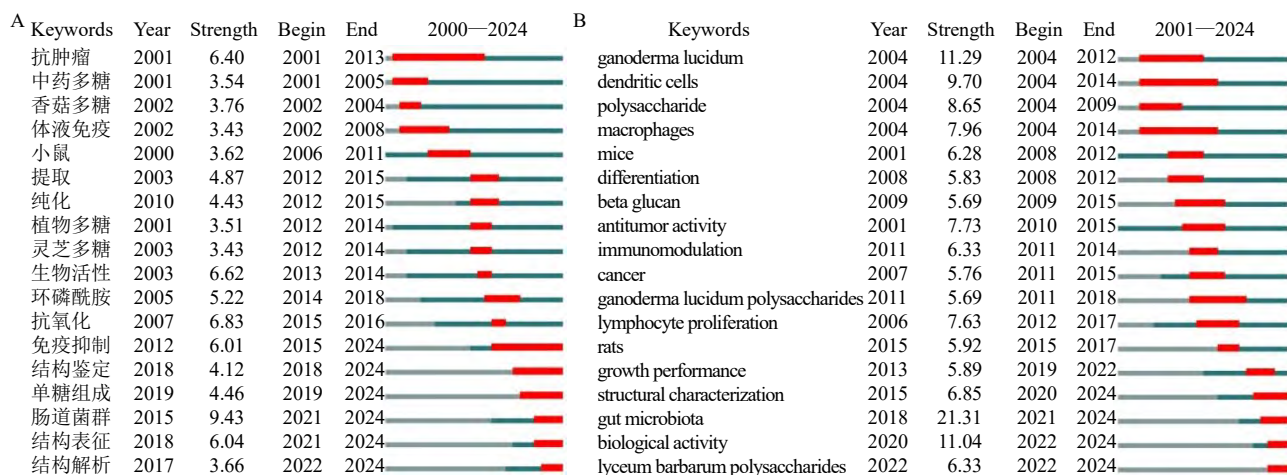


图 9 中文 (A) 和英文 (B) 文献关键词突现图

Fig. 9 Emergence diagrams of keyword in Chinese (A) and English (B) literature

突细胞)和 macrophages (巨噬细胞)的研究热点持续时间较长。具体来看,2004—2014 年,研究主要集中在中药多糖对树突细胞和巨噬细胞的影响上,并涉及其 antitumor activity (抗肿瘤活性)等多方面的研究;2014—2018 年,国际学者进一步探讨了中药多糖的作用机制;而 2019—2024 年,研究热点转向了中药多糖的 structural characterization (结构表征)、生物活性研究及其对肠道菌群的影响。

结合英文文献时间图谱和关键词突现图谱,可以观察到 2005—2015 年是中药多糖免疫调节研究领域全面发展的 10 年。在这期间,许多免疫调节研究方向和关键词纷纷涌现,吸引了大量学者投身于中药多糖免疫调节的研究工作。从 2000—2024 年的宏观视角来看,2000—2014 年,国内外学者主要专注于探索不同中药多糖的免疫调节机制,这包括研究它们对各类免疫细胞的影响、作用靶点等。此外,还涉及了不同中药多糖提取纯化方法的优化。同时,国际期刊上也发表了众多关于中药多糖结构表征的研究文献。自 2014—2024 年,中药多糖的结构表征及其结构解析与鉴定的相关研究成为了主流趋势。与此同时,学者们也开始关注中药多糖对肠道菌群的影响,以及这种影响如何进一步干预机体的免疫功能。

3 专利分析

3.1 专利时间分布特征及趋势分析

本研究采用宏观视角,对全球中药多糖免疫调节领域的整体发展趋势进行了深入分析,旨在明确该技术主题的演进阶段,如图 10 所示。总体来看,与该主题相关的专利数量呈现出显著的增长趋势,

这一趋势可划分为 3 个明确的阶段:初期增长阶段、稳定发展阶段和快速增长阶段。

3.1.1 初期增长阶段(2000—2011 年) 自 2000 年起,中药多糖免疫调节领域的专利申请活动开始出现,但在此阶段专利申请数量相对较少,平均每年约 50 项。在这一时期,该领域尚未形成显著的产业规模,表明中药多糖免疫调节专利的发展仍处于起步阶段。

3.1.2 稳定发展阶段(2011—2019 年) 自 2011 年起,中药多糖免疫调节领域的专利申请数量开始趋于稳定,平均每年约 150 项。这一时期标志着该领域进入了成长阶段,中药多糖免疫调节相关产业迅速发展,并逐渐形成了一定的产业规模,产业稳定性得到了增强。

3.1.3 快速增长阶段(2019—2022 年) 在这一阶段中药多糖免疫调节领域的专利申请数量持续增加,平均每年约 250 项。这一现象表明,相关技术已经趋于成熟,整个行业进入了快速发展阶段,显示出该领域的技术活力和市场潜力。疫情期间,中药多糖免疫调节领域的专利申请数量显著增长,这主要得益于科研力量的集中和对公共卫生的迫切需求。全球科学家和研究机构将资源倾斜至疫情相关研究,包括对中药多糖免疫调节作用的探索,以期找到有效的治疗方案。同时,疫情期间人们的健康意识增强,对中药等传统医药的关注度提升,也促进了相关研发活动的增加。

在 2023—2024 年,中药多糖免疫调节领域的专利申请数量显著减少。随着疫情的缓解,科研重

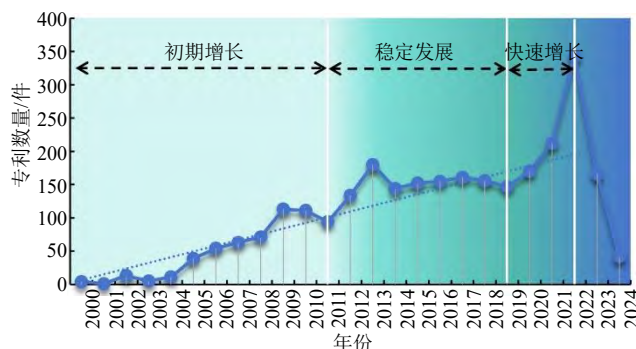


图 10 全球中药多糖免疫调节专利申请趋势

Fig. 10 Global trend of patent applications for immunomodulation of traditional Chinese medicine polysaccharides

心逐渐转移,许多研究机构和资金也转向了其他领域,导致对中药多糖免疫调节研究的支持减弱。同时,疫情引发的全球经济波动也影响了研发投入,资金短缺使得一些研究项目被迫暂停或延期。此外,随着疫情结束,公众对疫情相关产品的需求下降,市场驱动力减弱,这也影响了企业和研究机构在该领域的投入和研发热情。

3.2 中药多糖免疫调节专利全球分布情况及分析

通过对全球中药多糖免疫调节相关专利申请的地域分布进行深入统计分析,旨在揭示不同国家或组织在该领域的技术创新活跃度,并识别主要的技术创新来源国及关键目标。表 7 所提供的数据清晰地展示了中药多糖免疫调节专利申请数量在全球范围内的分布情况。

表 7 中药多糖免疫调节专利国家分布统计

Table 7 National distribution statistics of patents for immunomodulatory of traditional Chinese medicine polysaccharides

排序	专利所属国家/组织	数量/件
1	中国	2 430
2	美国	157
3	欧洲	73
4	世界专利组织	13
5	澳大利亚	13
6	加拿大	12
7	日本	10
8	韩国	10
9	印度	6
10	英国	3
11	新加坡	3
12	新西兰	2
13	萨摩亚	1
14	百慕大	1
15	阿根廷	1

由表 7 可知,中国、美国、欧洲、世界专利组织以及澳大利亚在中药多糖免疫调节领域的专利申请数量位列前 5。特别是中国,其申请的专利数量以显著优势领先于其他国家和地区,这一现象不仅突显了中国在中药多糖免疫调节技术创新方面的领先地位,也反映了中国市场对于相关专利技术的庞大需求。作为中药的主要生产国,中国在推动该领域技术创新及应用方面发挥着核心作用。

此外,美国、欧盟成员国及澳大利亚等西方国家在中药多糖免疫调节领域的专利申请数量亦不容忽视,这表明中医药文化在全球范围内的认知度和影响力正逐渐增强。这些国家的积极参与不仅促进了中医药文化的国际传播,也为全球中医药多糖免疫调节技术的发展注入了重要的创新动力。

3.3 中药多糖免疫调节专利关键词共现分析

关键词共现分析是一种基于文本挖掘技术的方法,其将关键词视为网络中的节点,通过构建网络来形成由节点和边组成的共现图谱。随后,对这些节点和边进行深入分析,以揭示关键词之间的关联性和共现模式。

根据中文专利关键词共现图谱(图 11-A),可以观察到词频超过 20 的关键词共计 60 个。关键词的词频越高,表明其在该研究领域的热度越高。这些关键词涵盖了多糖、中药组合、药物、免疫调节等多个维度,其中多糖的研究主要集中在枸杞多糖、黄芪多糖、铁皮石斛多糖、虫草多糖等特定类型。中药组合的研究则侧重于探讨其在增强免疫力、抗衰老、抗氧化以及治疗疾病等方面的作用。此外,以中药多糖为主要成分的新药物开发在专利申请中占有相当比重,显示出其在免疫调节功能保健品领域也受到了广泛关注。

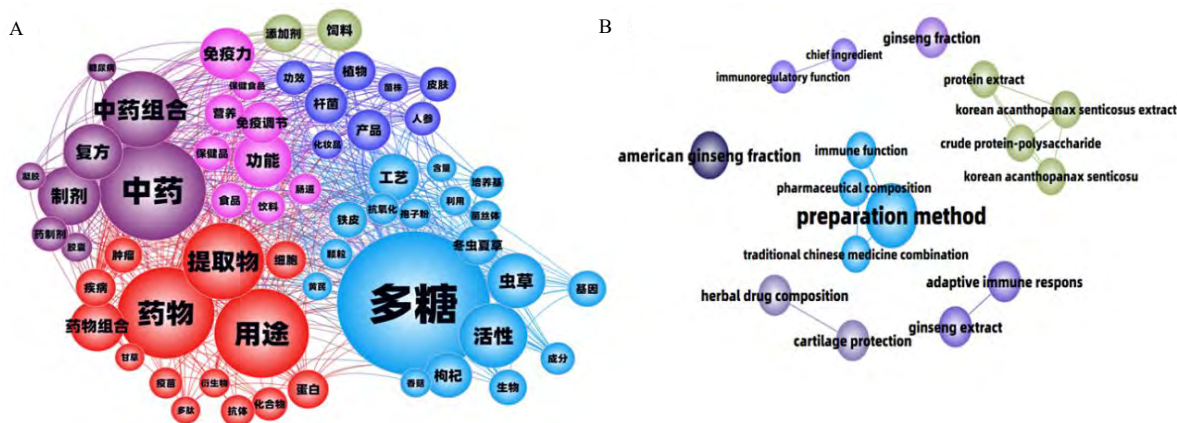


图 11 中药多糖免疫调节中文 (A) 和英文(B) 专利关键词共现图谱

Fig. 11 Co-occurrence diagrams of keywords in Chinese (A) and English (B) patents for immunomodulation of traditional Chinese medicine polysaccharides

尽管我国中药多糖免疫调节相关产业已初步形成,但其整体规模尚属初级阶段。中药资源的循环利用在医药、食品、营养保健、畜牧生产、化工等多个领域展现出广阔的应用前景,预示着该领域在未来具有巨大的发展潜力和市场需求。

通过对英文专利关键词共现图谱(图 11-B)的细致分析,发现词频超过 4 的关键词共计 16 个。这一现象表明,关键词的词频与其在该研究领域的热度成正比。在这些关键词中,出现频率较高的包括 preparation method (制备方法)、pharmaceutical composition (药物组合物)、traditional Chinese medicine combination (传统中药组合)、ginseng fraction (人参部位)、American ginseng fraction (西洋参部位)、Korean *Acanthopanax senticosus* (韩国刺五加)以及 immune function (免疫功能)。这些高频关键词与中文专利关键词分析的结果一致,均指向了中药多糖在药物组合中增强免疫功能的研究重点。

具体而言,英文专利的研究内容特别强调了 American ginseng (西洋参)和 Korean *Acanthopanax senticosus* (韩国刺五加)等特定中药多糖在免疫调节中的作用。与中文专利相比,英文专利更加关注多糖成分的制备化学过程,这可能反映了不同语言环境下研究者对技术细节的不同侧重点。这种差异可能与各自专利体系的技术要求和研究传统有关,也可能提示了不同地区在中药多糖制备技术方面的研究进展和创新趋势。

3.4 中药多糖免疫调节专利应用领域分析

为了精确地定位研发中的关键技术领域以及产业关注的焦点,本研究采用了国际专利分类

(international patent classification, IPC) 体系,对中英文专利数据集进行了细致的统计和分析。

通过对技术年度分布的研究,即 IPC 分类号下专利数量随时间变化的年度趋势,本研究深入探讨了中药多糖免疫调节相关专利技术的演变与发展。如表 8 所示,中药多糖免疫调节技术在 IPC 分类的 A 部(人类生活必需)、B 部(作业、运输)、C 部(化学、冶金)以及 G 部(物理)中均有涉及,体现了其研究及应用范围之广。在 A 部中,中药多糖免疫调节相关专利主要集中于 A61(医学)和 A23(食品)领域,而 A01(农业)领域的专利相对较少。在 C 部,这些专利主要集中在 C08(有机高分子化合物)、C12(生物化学)和 C07(有机化学)领域。至于 G 部,则主要涉及 G01(测量)领域,且该领域的相关专利数量相对有限,具体专利如用于中药

表 8 中药多糖免疫调节技术分布 (top 10)

Table 8 Technology distribution of immunomodulatory of traditional Chinese medicine polysaccharides (top 10)

序号	IPC 大类	专利数量
1	A61	1 882
2	A23	734
3	C08	500
4	C12	442
5	C07	266
6	A01	108
7	G01	89
8	B01	58
9	F26	14
10	A21	14

多糖的定性与定量分析方法等。通过 IPC 分类号的系统性分析,本研究不仅揭示了中药多糖免疫调节技术在不同领域的分布情况,而且为进一步的技术发展趋势研究提供了坚实的数据基础。

为了深入探究中药多糖免疫调节领域专利的分布特征,本研究特别筛选了 IPC 分类中的 A61 小类(化合物或药物制剂的特定治疗活性)下的专利族,并对其大组分布情况进行了详尽的统计分析(表 9)。由表 9 显示,中药多糖免疫调节专利申请主要集中在以下几个治疗领域:治疗复杂疾病(如抗肿瘤药物、治疗肝脏或胆囊疾病药物以及治疗高血糖症药物)、免疫调节(包括免疫增强剂和免疫调节剂)以及皮肤护理。

表 9 中药多糖免疫调节 A61 小类中 IPC 大组分布

Table 9 Distribution of IPC groups in subclass A61 for immunomodulatory effects of traditional Chinese medicine polysaccharides

序号	IPC 大组	分类号解释	专利数量/件
1	A61P35/00	抗肿瘤药	331
2	A61K31/715	多糖类	316
3	A61P37/04	免疫兴奋剂	297
4	A61P29/00	非中枢性止痛剂、退热药或抗炎剂	215
5	A61P37/02	免疫调节剂	186
6	A61P39/06	自由基清除剂或抗氧化剂	148
7	A61P1/16	治疗肝脏或胆囊疾病的药物	124
8	A61Q19/00	护理皮肤的制剂	123
9	A61P3/10	治疗高血糖症的药物	117

作为中药提取物中的关键活性成分之一,中药多糖在相关专利中主要以中药提取物的混合制备形式出现,旨在形成具有特定治疗活性的药物制剂。例如,一种基于红豆杉多糖的免疫增强剂及其在流感疫苗中的应用。该免疫增强剂由红豆杉多糖组成,和流感疫苗联合使用后展现出显著优势,不仅制备工艺简便、质量可控性增强,还能显著提升疫苗的免疫原性。尤为重要的是,红豆杉多糖的添加有效降低了疫苗生产所需的抗原量,这对于降低成本和提高疫苗的可及性具有重要意义^[69]。通过对这些数据进行系统的分类与统计分析,为中药多糖免疫调节领域的技术发展趋势和创新热点提供了更为清晰的视角。

3.5 中药多糖免疫调节专利关键词演化分析

通过对中药多糖免疫调节专利关键词的演化分析图谱(图 12)进行分析,可以发现“免疫力”

“提取物”和“药物”等关键词长期占据着主导地位。在中药多糖免疫调节专利的初期发展阶段(2000—2011 年),专利关键词主要集中在“American ginseng”“Korean *Acanthopanax senticosus*”“高血糖”“免疫病”“糖尿病”,表明该阶段专利的主要目标是基于中药多糖的抗肿瘤特性,对特定疾病进行免疫调节治疗。

进入中药多糖免疫调节专利的稳定发展阶段(2011—2019 年),专利关键词转向“保健品”“化妆品”“免疫力”“免疫调节”“immune function”和“添加剂”等,反映出该阶段的研究重点在于深入探究中药多糖的药理作用,尤其是其免疫调节功能,并且开始探索中药多糖在饲料、添加剂和保健品等其他领域的应用潜力。

到了中药多糖免疫调节专利的快速增长阶段(2019—2022 年),专利关键词以“提取物”和“药制剂”为主,这一变化标志着大量与多糖和中药相关的专利申请开始涌现,体现了中药多糖免疫调节领域逐渐向产业化转型的趋势。这一阶段的专利活动不仅反映了该领域的技术成熟度,也预示着中药多糖免疫调节技术在医药和相关产业中的广泛应用前景。

在 2023—2024 年,受新冠疫情的影响,中药多糖免疫调节领域的专利申请数量出现了显著下降。该时期专利关键词以“免疫调节”“免疫力”和“提取物”等为主,这一现象反映了疫情对科研活动和创新投入的广泛影响,尤其是在中药领域,研发资源的重新分配和研究重点的转移可能导致了专利申请数量的减少。

4 中药多糖免疫调节领域存在的问题及发展前景

4.1 存在的问题

本研究系统分析了中药多糖免疫调节领域的国内外文献与专利,揭示了该领域面临的若干实际问题。(1) 中药多糖的提取、分离和纯化工艺尚需进一步改进。传统的提取和分离流程复杂且耗时,加之中药多糖的稳定性较差,其化学结构易受外界因素影响而改变,导致难以获得具有良好均一性的生物活性组分,从而阻碍了后续研究的进行。(2) 中药多糖的结构解析和鉴定过程繁琐,理论和技术的限制制约了深入研究。由于多糖是自然界中结构最为复杂的高分子聚合物之一,其复杂的结构使得结构解析变得困难重重,大多数研究仅停留在初步确定一级结构的层面,高级空间结构的研究进展缓

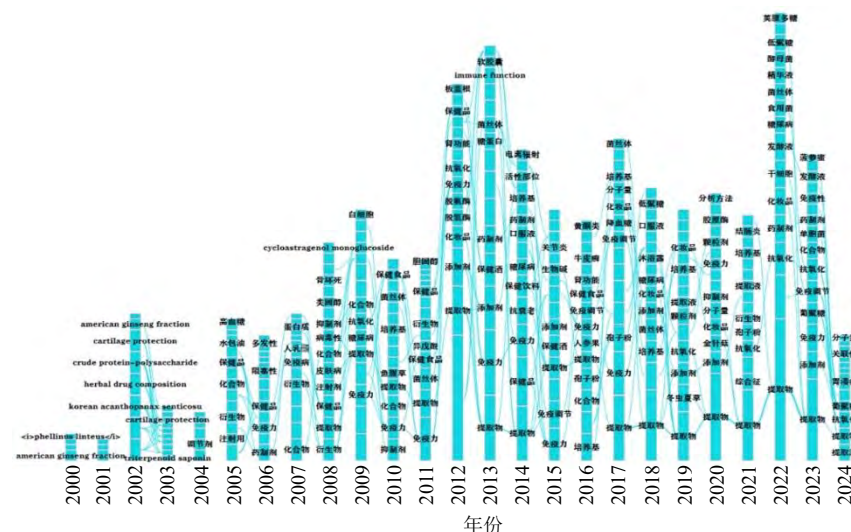


图 12 中药多糖免疫调节专利关键词演化图

Fig. 12 Evolution diagram of keywords in patents for immunomodulation of traditional Chinese medicine polysaccharides

慢。此外，无论是相对分子量测定还是结构解析，都需要多种方法联合使用，而当前对中药多糖的理论认识不足，进一步限制了研究的深度。(3) 部分关于中药多糖免疫调节作用的研究主要集中在其对单一免疫细胞的数量、表型、活性及信号通路的影响上，忽略了对组织或器官整体协同作用的考察。近年来兴起的“中药多糖-肠道菌群-免疫细胞”相互作用机制值得深入探讨。(4) 现有专利布局存在不平衡现象，大部分研究聚焦于药理效应方面，而对于化妆品、保健品等其他潜在应用领域则关注较少，这可能导致资源浪费并限制了中药多糖全面价值的发掘。(5) 多数相关专利技术尚未达到适应大规模产业化生产的要求。许多技术仍依赖于传统制药手段，未能完全满足现代自动化和规模化生产标准的需求，影响了市场潜力和应用范围。(6) 科技创新能力不足也是阻碍中药多糖产业化进程的关键因素之一。目前，中药多糖提取技术的发展相对滞后，这不仅减缓了产业化进程的速度，也限制了产量的增长。

4.2 未来研究和产业化方向

通过对中药多糖免疫调节领域的文献和专利进行综合分析，发现该领域目前主要集中在人参多糖、黄芪多糖和枸杞多糖的研究上。因此，有必要探索其他中药多糖的免疫调节潜力。当前，中药多糖的提取、分离纯化以及结构解析鉴定仍面临较大挑战，这要求科研人员继续努力，开发更高效、环保的方法，以提高产量和纯度，降低成本。此外，

由于中药多糖的构效关系尚未明确，需要进一步研究其分子结构与免疫调节功能之间的联系，为新型免疫调节剂的开发提供理论支持。近年来，免疫抑制和肠道菌群成为研究热点，未来应深入探讨中药多糖在自身免疫疾病中的应用潜力，并考虑将其与“脑-肠轴”“肝肠循环”等概念结合，以揭示其更深层次的间接免疫调节作用。鉴于专利布局的不均衡性，未来的研究应全面覆盖中药多糖的潜在应用领域，如化妆品、保健品等，从而充分发掘其价值。针对多数中药多糖免疫调节技术尚未适应大规模生产的现状，未来的研究应聚焦于开发符合现代自动化和产业化标准的多糖制剂方法，以提升生产效率并降低成本。同时，跨学科合作也应得到鼓励，整合生物学、化学、药学和工程学等领域的知识和技术，以推动中药多糖的创新研究和应用。

5 结论

本研究基于文献计量学方法，利用 CiteSpace 等软件对 2000—2024 年发表的中药多糖免疫调节领域的中英文文献进行分析，利用 ItgInsight 等软件对该领域专利进行分析，以知识图谱、表格的形式展示该领域的发文量、国家、机构、期刊、核心作者及关键词共现、聚类、突现等概况，探究了近 20 年中药多糖免疫调节的研究进展、研究热点、发展趋势及专利情况。该领域的研究热点集中在中药多糖的免疫活性、抗肿瘤活性研究，中药多糖对免疫器官、免疫细胞、细胞因子和肠道菌群影响的免疫调节机制探究，以及中药多糖提取分离纯化的技术优化、结构解析

和鉴定的方法优化。中药多糖免疫调节的研究从笼统的中药水提取物到逐渐精确的人参多糖、枸杞多糖等一级结构研究对象,从粗浅的提高细胞和机体免疫功能到作用于相关免疫细胞等深入且确切的机制研究。后续研究应加强中药多糖的临床研究和优化相关提取分离纯化制剂工艺,使中药多糖免疫调节的研究真正服务于临床和产业化。

随着中药多糖免疫调节作用机制研究的不断深入,其在医药领域的产业化前景日益明朗。一方面,中药多糖因其疗效确切、不良反应小、来源广泛等优点,有望被开发成为新一代的免疫调节药物。另一方面,随着现代提取技术和分析手段的发展,中药多糖的产业化过程也将更加高效和可控。然而,要实现这一目标,还需克服一系列挑战,包括如何进一步提高多糖的提取率和纯度、如何确保多糖活性成分的稳定性等。通过文献计量学和专利分析等方法,不仅可以全面了解中药多糖研究的动态和趋势,还能为中药多糖的产业化发展提供有力的情报支持。这将有助于推动中药多糖从实验室研究走向临床应用,最终实现产业化发展的目标。

综上所述,中药多糖在免疫调节方面具有独特的优势和广阔的应用前景。通过对其作用机制的深入研究和产业化前景的探索,有望为医药领域带来新的突破和发展。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Bo S, Zhang M, Dan M. The traditional use, structure, and immunostimulatory activity of bioactive polysaccharides from traditional Chinese root medicines: A review [J]. *Heliyon*, 2023, 10(1): e23593.
- [2] Guo C L, Guo D D, Fang L, et al. *Ganoderma lucidum* polysaccharide modulates gut microbiota and immune cell function to inhibit inflammation and tumorigenesis in colon [J]. *Carbohydr Polym*, 2021, 267: 118231.
- [3] Sun L D, Lin F, Sun B B, et al. *Scutellaria* polysaccharide mediates the immunity and antioxidant capacity of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) [J]. *Dev Comp Immunol*, 2023, 143: 104678.
- [4] 赖梦亭, 肖平, 方悦悦, 等. 中药多糖免疫调节作用机制研究进展 [J]. *中草药*, 2023, 54(10): 3337-3348.
- [5] Zhou Y, Qian C G, Yang D P, et al. Purification, structural characterization and immunomodulatory effects of polysaccharides from *Amomum villosum* Lour. on RAW 264.7 macrophages [J]. *Molecules*, 2021, 26(9): 2672.
- [6] 虞跃跃, 俞瑶帅, 汪轶宇, 等. 黄芪多糖免疫调节和抗肿瘤作用机制研究新进展 [J]. *世界中医药*, 2023, 18(20): 2998-3003.
- [7] 麦麦提敏·麦提萨伍尔, 赖梦亭, 段金彪, 等. 基于文献计量学和专利分析的板蓝根研究现状剖析及产业化前景展望 [J]. *中草药*, 2024, 55(2): 563-574.
- [8] 谭超杰, 王博, 邹文奇, 等. 中药组合物多糖的提取工艺及抗氧化活性研究 [J]. *北华大学学报: 自然科学版*, 2022, 23(2): 218-224.
- [9] 赵宁, 韩著, 简颖琳, 等. 中药多糖结构表征及质量评价研究进展 [J]. *中草药*, 2024, 55(21): 7491-7506.
- [10] Wang C C, Feng L, Su J Y, et al. Polysaccharides from *Epimedium koreanum* Nakai with immunomodulatory activity and inhibitory effect on tumor growth in LLC-bearing mice [J]. *J Ethnopharmacol*, 2017, 207: 8-18.
- [11] Wu Y, Zhou H, Wei K H, et al. Structure of a new *Glycyrrhiza* polysaccharide and its immunomodulatory activity [J]. *Front Immunol*, 2022, 13: 1007186.
- [12] Li W F, Hu X Y, Wang S P, et al. Characterization and anti-tumor bioactivity of *Astragalus* polysaccharides by immunomodulation [J]. *Int J Biol Macromol*, 2020, 145: 985-997.
- [13] Wang X L, Li Y L, Liu W H, et al. A polysaccharide from *in ula Japonica* showing *in vivo* antitumor activity by interacting with TLR-4, PD-1, and VEGF [J]. *Int J Biol Macromol*, 2023, 246: 125555.
- [14] Zhu Z F, Xiu Q, Han L, et al. The effect of *Astragalus* polysaccharide on the expression of PCNA and GFAP protein in C6 glioma rat model [J]. *Int J Clin Exp Med*, 2017, 10(12): 16057-16063.
- [15] Wang X L, Li N, Li Y, et al. A novel polysaccharide from *Paeonia lactiflora* exerts anti-tumor activity via immunoregulation [J]. *Arab J Chem*, 2022, 15(10): 104132.
- [16] 赵明明, 余强, 王辉, 等. 黑灵芝多糖对免疫抑制小鼠肠道黏膜形态及肠道黏膜免疫的影响 [J]. *食品科学*, 2019, 40(1): 137-142.
- [17] 黄建琴, 聂少平, 张莘莘, 等. 黑灵芝多糖对 S-180 荷瘤小鼠的免疫调节作用 [J]. *中国药理学通报*, 2014, 30(5): 739-740.
- [18] 王君巧, 聂少平, 余强, 等. 黑灵芝多糖对免疫抑制小鼠的免疫调节和抗氧化作用 [J]. *食品科学*, 2012, 33(23): 274-277.
- [19] 李文娟, 聂少平, 余强, 等. 黑灵芝多糖对免疫抑制小鼠的免疫调节作用 [J]. *食品科学*, 2009, 30(19): 297-299.
- [20] 徐孝宙, 夏继涛, 刘海侠, 等. 灵芝多糖对人工感染 IBDV 雏鸡免疫抑制的调节作用 [J]. *黑龙江畜牧兽医*, 2020(8): 114-118.
- [21] 孟秀彦, 楚遵锋, 张静静, 等. 银杏叶多糖对传染性法氏囊超强毒灭活疫苗的免疫调节作用 [J]. *中国兽医*

- 学报, 2019, 39(4): 640-645.
- [22] Wang M, Meng X Y, Yang R L, *et al.* Cordyceps militaris polysaccharides can enhance the immunity and antioxidation activity in immunosuppressed mice [J]. *Carbohydr Polym*, 2012, 89(2): 461-466.
- [23] Cai G F, Wu C H, Zhu T Y, *et al.* Structure of a Pueraria root polysaccharide and its immunoregulatory activity on T and B lymphocytes, macrophages, and immunosuppressive mice [J]. *Int J Biol Macromol*, 2023, 230: 123386.
- [24] Lei Y Y, Ye Y H, Liu Y, *et al.* Achyranthes bidentata polysaccharides improve cyclophosphamide-induced adverse reactions by regulating the balance of cytokines in helper T cells [J]. *Int J Biol Macromol*, 2024, 265(Pt 2): 130736.
- [25] Zhang Q W, Liu M, Li L F, *et al.* Cordyceps polysaccharide marker CCP modulates immune responses via highly selective TLR4/MyD88/p38 axis [J]. *Carbohydr Polym*, 2021, 271: 118443.
- [26] Jin Q, Cheng L, Zhu Y L, *et al.* Immune-related effects of compound Astragalus polysaccharide and sulfated Epimedium polysaccharide on newborn piglets [J]. *Anim Biotechnol*, 2023, 34(3): 508-519.
- [27] Guo X C, Zhao X M, Li L J, *et al.* Platycodon grandiflorus polysaccharide inhibits the inflammatory response of 3D4/21 cells infected with PCV2 [J]. *Microb Pathog*, 2024, 189: 106592.
- [28] Ji H Y, Liu C, Dai K Y, *et al.* The extraction, structure, and immunomodulation activities *in vivo* of polysaccharides from Salvia miltiorrhiza [J]. *Ind Crops Prod*, 2021, 173: 114085.
- [29] 张洁, 张巧铃, 卢凤来, 等. 罗汉果根多糖的分离纯化及免疫活性研究 [J]. 中草药, 2024, 55(4): 1100-1109.
- [30] 邢娜, 舒尊鹏, 徐炳清, 等. 枳壳多糖 CALB-1 的提取、分离纯化及免疫调节活性研究 [J]. 中草药, 2015, 46(5): 639-644.
- [31] 顾菲菲, 李佳, 杨晨东, 等. 碱提灵芝多糖的分离纯化、结构表征及免疫活性评价 [J]. 中草药, 2018, 49(10): 2359-2364.
- [32] 孔晨先, 肖波, 柳全文, 等. 山药多糖对动物机体免疫调节作用的 Meta 分析 [J]. 食品研究与开发, 2021, 42(19): 206-213.
- [33] 马振生. 饲料中添加甘草多糖对仔猪生长性能和免疫性能的影响 [J]. 猪业科学, 2023, 40(12): 78-80.
- [34] Zeng F, Li Y, Zhang X, *et al.* Immune regulation and inflammation inhibition of Arctium lappa L. polysaccharides by TLR4/NF- κ B signaling pathway in cells [J]. *Int J Biol Macromol*, 2024, 254: 127700.
- [35] Li Y N, Zheng J P, Wang Y, *et al.* Immuno-stimulatory activity of Astragalus polysaccharides in cyclophosphamide-induced immunosuppressed mice by regulating gut microbiota [J]. *Int J Biol Macromol*, 2023, 242: 124789.
- [36] Fan H T, Sun M, Li J, *et al.* Structure characterization and immunomodulatory activity of a polysaccharide from Saposhnikovia Radix [J]. *Int J Biol Macromol*, 2023, 233: 123502.
- [37] Bai X Y, Liu P, Shen H Y, *et al.* Water-extracted Lonicera japonica polysaccharide attenuates allergic rhinitis by regulating NLRP3-IL-17 signaling axis [J]. *Carbohydr Polym*, 2022, 297: 120053.
- [38] Xie S Z, Shang Z Z, Li Q M, *et al.* Dendrobium huoshanense polysaccharide regulates intestinal Lamina propria immune response by stimulation of intestinal epithelial cells via toll-like receptor 4 [J]. *Carbohydr Polym*, 2019, 222: 115028.
- [39] Lan H B, Nunes C, Lopes G R, *et al.* In vitro immunomodulatory activity of water-soluble glucans from fresh and dried Longan (Dimocarpus longan Lour.) [J]. *Carbohydr Polym*, 2021, 266: 118106.
- [40] 马昭, 杨莉, 刘晓婷, 等. 中药复方多糖对不同 MHC B-L β II 基因型鸡淋巴细胞 TLR4 介导的 TRIF 依赖性途径的影响 [J]. 西北农业学报, 2018, 27(10): 1500-1507.
- [41] 郭晓, 商云霞, 王梦远, 等. 中药复方多糖对鸡淋巴细胞免疫信号分子表达的影响 [J]. 江苏农业科学, 2017, 45(5): 167-169.
- [42] 康宜君, 谷新利. 中草药多糖的提取分离及其免疫药理作用研究 [J]. 四川畜牧兽医, 2007, 34(3): 33-35.
- [43] 刘晓婷, 朱晓庆, 杨莉, 等. 中药复方多糖对不同 MHC B-L β II 基因型蛋鸡免疫活性的影响 [J]. 西北农业学报, 2018, 27(9): 1265-1272.
- [44] 陈忠伟, 高建峰, 胡庭俊, 等. 马尾藻多糖对小鼠免疫功能调节作用的研究 [J]. 中国畜牧兽医, 2009, 36(1): 57-59.
- [45] 何颖, 陈忠伟, 高建峰, 等. 马尾藻多糖对南美白对虾免疫调节作用 [J]. 安徽农业科学, 2008, 36(31): 13664-13665.
- [46] 高建峰, 胡庭俊, 高艳艳. 黄芪多糖对小鼠免疫细胞 NO-cGMP 信号系统的效应 [J]. 畜牧与兽医, 2008, 40(5): 65-67.
- [47] 胡庭俊, 程富胜, 陈灵然, 等. 黄芪多糖对小鼠免疫细胞信号转导相关分子的影响 [J]. 畜牧兽医学报, 2005, 36(6): 616-619.
- [48] Chen Y, Yao F K, Ming K, *et al.* Polysaccharides from traditional Chinese medicines: Extraction, purification,

- modification, and biological activity [J]. *Molecules*, 2016, 21(12): 1705.
- [49] Guo L W, Liu J G, Hu Y L, *et al.* Astragalus polysaccharide and sulfated *Epimedium* polysaccharide synergistically resist the immunosuppression [J]. *Carbohydr Polym*, 2012, 90(2): 1055-1060.
- [50] Hou R R, Chen J, Yue C J, *et al.* Modification of lily polysaccharide by selenylation and the immune-enhancing activity [J]. *Carbohydr Polym*, 2016, 142: 73-81.
- [51] Wang J M, Hu Y L, Wang D Y, *et al.* Sulfated modification can enhance the immune-enhancing activity of *Lycium barbarum* polysaccharides [J]. *Cell Immunol*, 2010, 263(2): 219-223.
- [52] 陈富斌, 徐国伟, 王磊, 等. 黄芪多糖对 HD11 鸡巨噬细胞转录组和代谢组的影响 [J]. 畜牧兽医学报, 2024, 55(3): 1290-1301.
- [53] 王莹, 金红宇, 李耀磊, 等. 不同分子量枸杞多糖对 RAW264.7 巨噬细胞的免疫调节作用 [J]. 中国新药杂志, 2021, 30(12): 1079-1086.
- [54] 谭文超, 张艳. 黄芪多糖对乳腺癌细胞抑制作用机制研究 [J]. 辽宁中医药大学学报, 2024, 26(3): 8-12.
- [55] 田王琪, 张蔚桐, 汪一凡, 等. 中药多糖通过调控肠道菌群干预肺癌的文献研究 [J]. 陕西中医药大学学报, 2023, 46(2): 27-35.
- [56] 田阳, 龚桂萍, 路宇, 等. 枸杞子多糖不同组分的双向免疫调节机制研究进展 [J]. 食品科学, 2022, 43(23): 356-366.
- [57] 陈曦, 施京红, 吴守振. 黄芪多糖在支气管哮喘中的免疫调节作用和相关机制的研究进展 [J]. 中国医药导报, 2023, 20(31): 56-59.
- [58] 白学鹏, 孙鹏, 沈春秀, 等. 枸杞多糖对免疫抑制小鼠血清中 IL-6、IL-10 和 IL-12/IL23 p40 分泌水平的影响 [J]. 动物医学进展, 2019, 40(7): 49-51.
- [59] Xu Q, Cheng W, Wei J R, *et al.* Synergist for antitumor therapy: *Astragalus* polysaccharides acting on immune microenvironment [J]. *Discov Oncol*, 2023, 14(1): 179.
- [60] Li R, Chen W C, Wang W P, *et al.* Extraction, characterization of *Astragalus* polysaccharides and its immune modulating activities in rats with gastric cancer [J]. *Carbohydr Polym*, 2009, 78(4): 738-742.
- [61] He Z Q, Liu X Y, Qin S M, *et al.* Anticancer mechanism of *Astragalus* polysaccharide and its application in cancer immunotherapy [J]. *Pharmaceuticals*, 2024, 17(5): 636.
- [62] Shao P, Zhao L H, Chen Z, *et al.* Regulation on maturation and function of dendritic cells by *Astragalus mongholicus* polysaccharides [J]. *Int Immunopharmacol*, 2006, 6(7): 1161-1166.
- [63] Zhang J M, Shu D B, Cheng X, *et al.* Effect of plant polysaccharides (*Poria cocos* and *Astragalus* polysaccharides) on immune responses and intestinal microbiota of Dabry's sturgeons [J]. *Biosci Microbiota Food Health*, 2023, 42(4): 243-253.
- [64] Fan W T, Zheng P M, Wang Y, *et al.* Analysis of immunostimulatory activity of polysaccharide extracted from Yu-Ping-Feng *in vitro* and *in vivo* [J]. *Biomed Pharmacother*, 2017, 93: 146-155.
- [65] Sun L X, Lin Z B, Duan X S, *et al.* *Ganoderma lucidum* polysaccharides counteract inhibition on CD71 and FasL expression by culture supernatant of B16F10 cells upon lymphocyte activation [J]. *Exp Ther Med*, 2013, 5(4): 1117-1122.
- [66] Li W J, Li L, Zhen W Y, *et al.* *Ganoderma atrum* polysaccharide ameliorates ROS generation and apoptosis in spleen and *Thymus* of immunosuppressed mice [J]. *Food Chem Toxicol*, 2017, 99: 199-208.
- [67] 张芳, 吴昌键, 张霞, 等. 基于 Web of Science 文献计量分析的宁夏枸杞研究现状和发展态势 [J]. 中草药, 2022, 53(16): 5128-5141.
- [68] 杨梓鸿, 魏锦强, 赖芳, 等. 基于 CiteSpace 的近 10 年中药大黄研究的可视化分析 [J]. 中医药导报, 2022, 28(2): 139-145.
- [69] 李映波, 李慧, 刘洪卿, 等. 红豆杉多糖免疫佐剂及含有该佐剂的流感疫苗: 中国, CN102160893B [P]. 2013-03-27.

[责任编辑 潘明佳]