

白术的研究进展与发展趋势的文献计量学分析

冯嘉铭¹, 詹微羽¹, 顾凡若¹, 李玲^{1,2*}, 张彤^{1,2*}

1. 上海中医药大学中药学院, 上海 201203

2. 经方与现代中药融合创新全国重点实验室(上海中医药大学), 上海 201203

摘要: 目的 白术 *Atractylodes Macrocephalae Rhizoma* 作为传统中药材, 近年来在健康产品开发和临床应用方面受到广泛关注。旨在通过可视化分析方法探索白术研究的现状、热点和前沿趋势, 为其深度开发和应用提供科学依据。方法 基于 CNKI 和 Scopus 数据库, 收集有关白术研究的中英文文献, 利用 VOSviewer 和 CiteSpace 软件进行文献计量学分析, 重点关注出版年份、国家、研究机构、期刊、作者以及关键词等方面。结果 白术研究涉及多个国家和地区, 其中中国在该领域的研究贡献最为突出。研究热点集中在白术的活性成分提取、药理作用机制、网络药理学和分子对接等方面, 白术多糖、脂多糖和氧化应激等关键词成为研究的新兴热点, 预示着未来研究的趋势。结论 白术的研究热情持续增长, 中国在该领域发挥着重要作用, 但国家合作和机构合作有所欠缺, 建议加强国际合作和机构间的交流, 以促进白术研究的深入发展。目前的研究重点在于白术活性成分的探索和药理机制的研究, 同时网络药理学和分子对接在白术领域的应用是较为新颖的主题, 未来将更加注重健康产品的开发和临床应用。

关键词: 白术; 文献计量学; VOSviewer; CiteSpace; 白术多糖

中图分类号: G350; R282.71 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2024)19-6698-15

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2024.19.022

Bibliometric analysis of research progress and development trend of *Atractylodes macrocephala*

FENG Jiaming¹, ZHAN Zhiyu¹, GU Fanruo¹, LI Ling^{1,2}, ZHANG Tong^{1,2}

1. School of Pharmacy, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China

2. State Key Laboratory of Integration and Innovation of Classic Formula and Modern Chinese Medicine (Shanghai University of Traditional Chinese Medicine), Shanghai 201203, China

Abstract: Objective As a traditional Chinese herbal medicine, Baizhu (rhizome of *Atractylodes macrocephala*, AM) has received extensive attention in recent years in terms of health product development and clinical application. To explore the current status, hotspots and cutting-edge trends of AM research through visual analytical methods, so as to provide a scientific basis for its in-depth development and application. **Methods** Based on CNKI and Scopus databases, Chinese and English literature on AM research were collected, VOSviewer and CiteSpace software were used for bibliometric analysis, focusing on publication year, country, research institution, journal, author and keywords. **Results** AM research involved several countries and regions, among which China had made the most outstanding research contribution in this field. The research hotspots focused on the extraction of active ingredients of AM, pharmacological mechanism of action, network pharmacology and molecular docking, etc. The keywords of AM polysaccharides, lipopolysaccharides and oxidative stress became the emerging hotspots of the research, which foreshadowed the trend of future research. **Conclusion** Research interest in AM continues to grow, with China playing an important role in the field, but national cooperation and institutional collaboration are lacking, and it is recommended that international cooperation and inter-institutional exchanges be strengthened in order to promote in-depth development of AM research. Current research focuses on the exploration of

收稿日期: 2024-02-23

基金项目: 国家重点研发计划项目(2022YFC3501705); 国家自然科学基金面上项目(82274066); 上海市领军人才计划(SHLJ2019100); 上海中医药大学科技发展项目(23KFL046)

作者简介: 冯嘉铭(2004—), 男, 本科生, 主要从事药理学、中药学研究。E-mail: fjm1599369614@icloud.com

*通信作者: 李玲, 高级实验师, 硕士研究生导师, 主要从事中药质量控制与药效评价研究。E-mail: liling_sh@163.com

张彤, 教授, 博士研究生导师, 主要从事中药制剂及中药分析技术研究。E-mail: zhangtdmj@hotmail.com

the active ingredients and pharmacological mechanisms of AM, while the application of network pharmacology and molecular docking in the field of *Atractylodes macrocephala* is a relatively novel topic, with more emphasis on the development of health products and clinical applications in the future.

Key words: *Atractylodes macrocephala* Koidz.; bibliometrics; VOSviewer; CiteSpace; *Atractylodes macrocephala* polysaccharides

白术为菊科植物白术 *Atractylodes macrocephala* Koidz. 的干燥根茎, 具有健脾益气、燥湿利水、止汗、安胎的作用^[1]。“术”始载于《神农本草经》并被列为上品^[2], 《本草经集注》初步将“术”区分为“白术”和“苍术”^[3]。白术被誉为脾脏补气健脾第一要药^[4], 大部分健脾补气的中药方剂都含有白术, 且为药食同源之品。由于白术的应用范围广泛, 国内外学者对其研究较为深入, 覆盖了栽培技术、化学成分、药理作用、临床研究、产品开发及质量控制等众多领域。

VOSviewer、CiteSpace 和 SCImago Graphica 等是科研文献分析的强大工具, 各有其独特的功能和优势。VOSviewer 是一种用于构建和可视化科学文献网络的软件工具, 能够生成基于各种关系的详细且易于理解的网络图谱^[5]。CiteSpace 的主要作用是帮助研究人员识别和分析特定研究领域内的主要趋势和前沿热点^[6]。而 SCImago Graphica 能够处理大量数据集, 提供多种可视化图表, 帮助研究人员、学术机构更好地理解和分析科研活动的复杂数据^[7]。运用这些软件全面分析白术领域的文献, 以把握当前研究进展和前沿热点, 并探索未来的研究趋势。

尽管白术的相关研究已取得一定进展, 但仍面临诸多挑战。目前, 对白术化学成分的研究尚未足够深入, 尤其是对活性成分及其相互作用的认识有限, 限制了对药效的全面理解^[8]。此外, 虽然其药理作用已得到初步揭示, 但具体的作用机制尚未明确, 这影响了白术在临床上的精准应用。同时, 随着市场需求的增长, 白术的野生资源面临过度采集的风险, 而关于其可持续利用和高效栽培技术的研究仍显不足。市场上白术的质量波动反映了其在药材种植、采收、加工和储存等环节的标准化程度不足。因此, 未来研究需要在这些领域进行更深入地挖掘。文献计量学分析能够系统地揭示该领域的知识结构、发展趋势和研究热点, 为后续研究提供科学依据和方向指引。本研究通过文献计量学分析, 增进对白术这一传统药材的深入理解, 以期为进一步探究白术及其药理作用和产业发展方向提供思路, 逐

步完善现有研究的不足并推动白术研究向更高层次的科学认知和实际应用转化, 促进其在现代医药领域的创新应用。同时进一步推动传统中药的现代化和国际化, 为全球人类健康贡献独特的价值。

1 资料与方法

1.1 数据来源、检索策略与文献筛选

本研究采用中国知网 (CNKI) 作为中文数据库, Scopus 作为英文数据库, 并按照仅包含白术这一中药的标准筛选文献。如图 1 所示, CNKI 数据库检索条件设定为篇名: 白术 (精确) NOT 汤 (精确) NOT 复方 (精确) NOT 散 (精确) NOT 合剂 (精确), 检索日期设定为 1915 年 1 月 1 日—2023 年 10 月 31 日, 并启用同义扩展选项。初步检索到文献 3 087 篇, 并以统一排除标准筛选。Scopus 数据库检索条件设定为论文标题、摘要、关键词: “baizhu” OR “*Atractylodes macrocephala*”, 检索时间设定为建库至 2023 年 10 月 31 日。检索到文献 1 731 篇, 并以统一排除标准筛选。

排除标准如下: (1) 内容并不是只针对白术这一中药的文献; (2) 重复文献。

中文数据库筛选完成后获得有效文献 1 902 篇, 英文数据库筛选完成后获得有效文献 281 篇。通过相关分析软件对以上文献的出版年份、国家和地区、省份、机构、期刊、作者和关键词进行文献计量分析。

1.2 方法

数据分析过程中使用了文献计量学分析软件 VOSviewer (Version 1.6.20)、CiteSpace (Version 6.2.R6) 及可视化工具 SCImago Graphica (Version Beta 1.0.37) 等软件, 通过构建以地区、机构、作者、关键词等为主要分析指标的可视化图谱, 深入探究白术研究的热点问题和未来发展方向。可视化知识图谱能够较为全面地评估科研主体的研究水平、科研成果的分布情况以及科研领域的研究重点^[9]。

本研究采用 VOSviewer 和 CiteSpace 软件进行数据可视化分析。①机构合作网络图: 最低发文量设为 2, 去除孤立机构节点; ②关键词共现网络图: 中文文献关键词最低出现频次设为 5; 英文文献关键词最低出现频次设为 20; ③关键词突现图: 使用

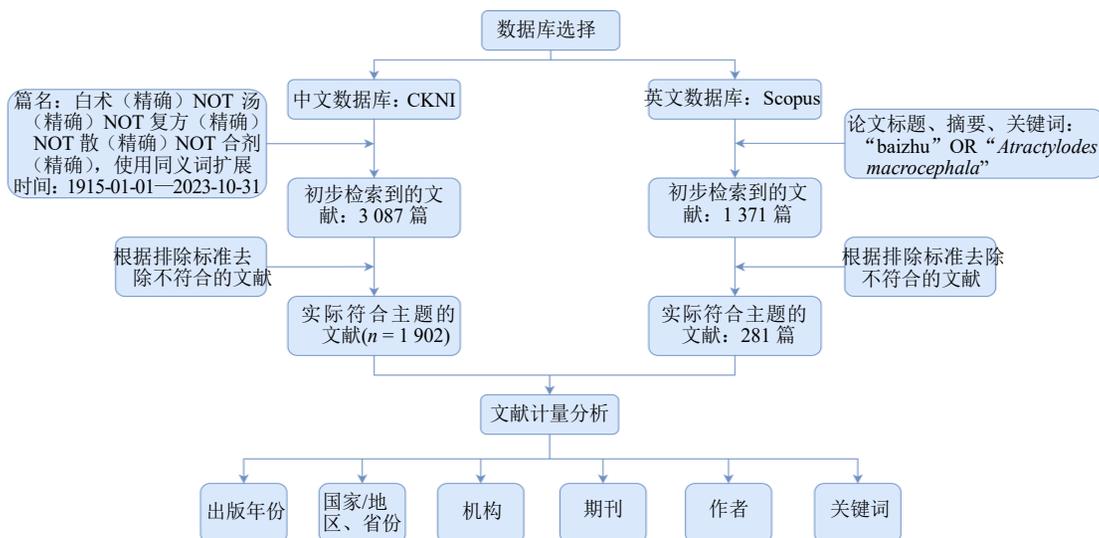


图 1 文献筛选及分析的流程图

Fig. 1 Flow chart for literature screening and analysis

CiteSpace 制作：④国家合作网络图：国家最低发文量为 1，保留所有国家节点；⑤作者合作环形图：中英文文献最低发文量分别设为 4 和 5，去除孤立作者节点。对于 VOSviewer 生成的 GML 文件，使用 SCImago Graphica 进行处理。

以上述方法得到的国家合作网络能够帮助了解地区集群或全球合作模式，同时允许读者快速识别密集的合作集群等。机构合作网络图能以清晰明了的形式展现各个机构的具体名称以及相互合作联系和主要发文时间点，具有较高的易读性。作者合作环形图创新性地去除了部分联系并不明显的作者，聚焦于本领域联系密切的作者，通过简洁的点和线清楚地展现该领域合作密切的作者和团队。对中英文文献采用了关键词共现图和关键词突现图呈现。

2 结果与分析

2.1 出版年份分析

将白术领域相关文献进行每 4 年累计统计，结果如图 2 所示，从 1996 年开始，中文数据库中的白术相关文献发表量出现了逐渐上升的趋势，在 2004 年后增长速度显著增加，于 2012—2015 年达到高峰，随后在 2016—2019 年增长速度较平稳，于 2020—2023 年再次显著增加；英文数据库中白术相关文献的前期发表量增长趋势较为平稳，于 2004 年开始缓慢上升，在 2012—2015 年出现了小幅的增长，但发文量的增长幅度比中文文献要小。总体上来看，中文文献的发表量均高于英文文献的发表量，这反映了白术领域的研究文献仍以中文为主。

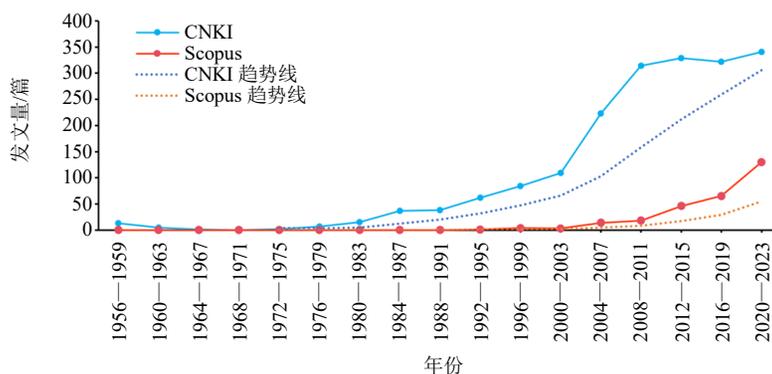


图 2 白术相关文献发表统计

Fig. 2 Statistics on publication of literature related to *Atractylodes macrocephala*

为进一步探索文献增长速度加快的原因,本研究查阅 2004—2015 年发表的中文文献的关键词,发现研究内容集中于白术提取物和体外细胞实验^[10-14];查阅 2020—2023 年中文文献关键词发现研究内容聚焦于白术活性成分的药理作用和临床应用潜力^[15-17],同时这也表明近年来国内对白术研究的兴趣和投入显著增加。查阅 2012—2015 年英文文献的关键词,可以观察到国际社会对白术提取物的化学性质有更高的关注度^[18-19]。

2.2 国内外合作网络分析

2.2.1 国际上主要研究国家合作网络分析 通过 SCImago Graphica 软件分析白术相关研究的英文文献中国家合作关系,如图 3 所示。国家合作网络图反映了白术领域的全球研究分布。在图中,节点越大代表该国家的发文量越多,连线表示不同国家之间的学术合作或文献引用关系,连线的粗细表示合作的程度和关系的密切程度,不同的颜色代表其属于不同的聚类。显然,中国在该领域有着较为显著的研究成果,以发表 251 篇文献(4 648 次引用)领先,表明中国在该研究领域的主导地位。紧随其后的是韩国,虽然文献数量 28 篇(454 次引用)远少

于中国,但也占据了相对突出的位置,体现出其在该领域的重要贡献。日本尽管文献数量较少,发表了 9 篇(210 次引用),但仍然占有一席之地。而美国和澳大利亚在该领域的文献数量和引用次数上则相对有限,分别只有 4 篇(51 次引用)和 3 篇(41 次引用),表明在白术领域这些地区的研究活动相对较少。其中中国与美国的合作较为紧密,其研究涉及对阿尔茨海默病的神经保护作用^[20]、白术炮制品中新生成的多糖衍生物的分离鉴定^[21],以及白术内酯 II 对黑色素瘤细胞的抑制效应^[22]。中国作为发文量最多的国家,其主要的研究方向为药理活性与机制研究^[23]、化学成分分析^[24-25]、药效学和药动学研究^[26]、基因组学和分子生物学研究^[27-28]以及质量控制和标准化研究^[29]。而韩国作为发文量第 2 的国家,主要探究药理活性,包括抗炎^[30]、抗肥胖^[31]、免疫调节^[32]、抗癌^[33]、抗氧化^[34]等方面的研究,以及白术中的化学成分如挥发油、倍半萜类等,及其化学鉴定和分析方法^[35-36]。该图呈现了国际社会在白术研究领域的总体概况,白术领域的研究主要集中在中国及周边国家,这也与白术的产地和历史渊源有关。同时也表明了中国对白术的基础研究极其重视。

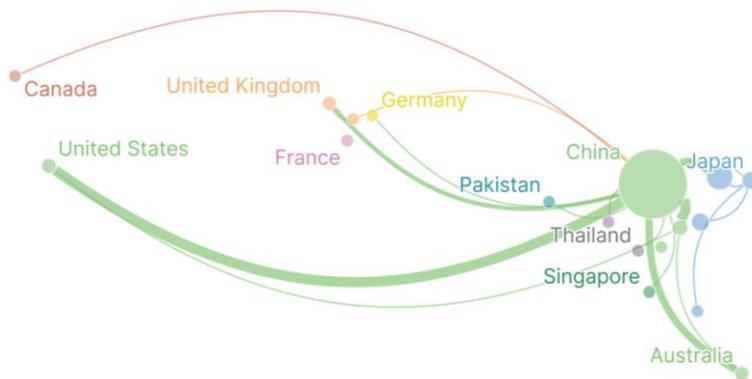


图 3 白术领域国家合作网络图

Fig. 3 Network map of national cooperation in field of *Atractylodes macrocephala*

2.2.2 国内主要研究地区分析 中文文献中除去 2 篇未说明地区外,白术领域的研究遍及中国 30 个省、直辖市和自治区。如图 4 所示,浙江省以 343 篇的文献数量位居白术研究领域榜首,表明浙江省在白术研究领域具有较强的研究实力和较高的研究活跃度,这可能与浙江是白术的道地产区有关^[37]。而广东省(195 篇)位居第 2,湖南省(136 篇)、湖北省(125 篇)紧随其后,这些省份也在该领域有较为显著的研究产出。如今,白术的主要产区分布在

河南、湖北、四川、安徽、重庆、湖南、河北、浙江^[37],在综合分析白术研究的地区性分布时发现这 8 个地区的科研文献产出量均超过了 40 篇,表明白术的主要产区在该研究领域显现出了较为明显的积极性和研究投入。这种地域上的集中性不仅反映了当地科研机构对白术研究的高度重视,还促进了白术相关产业经济的持续健康发展,这样的发展趋势对于优化当地产业结构和促进科研成果转化具有积极的推动作用。

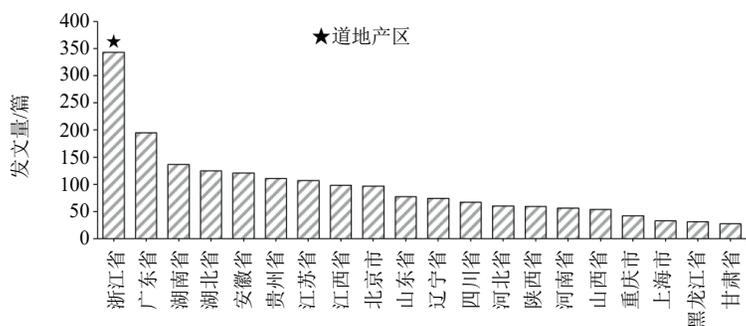


图 4 中国白术相关研究的主要地区分布

Fig. 4 Main regional distribution of *Atractylodes macrocephala* related research in China

2.3 机构合作网络分析

通过 VOSviewer 软件分析中文文献发表机构合作关系，机构合作网络图（图 5）揭示了不同机构在白术研究领域的合作模式。图中的节点大小代表了机构的发文章量，连线的粗细则代表机构间合作的紧密度，紧密度越高意味着这 2 个机构之间具有更多的合作发文的次数。而节点的颜色则代表该机构在白术领域发表文章的主要时间点。分别对中文和英文文献累计发文章量前 10 的机构进行了排序，如表 1 所示。在中文文献发表方面，浙江中医药大学以 53 篇的发文章量位居榜首，体现了其在白术领域研究的活跃度较高。广州中医药大学（36 篇）、辽宁中医药大学（35 篇）、南京中医药大学（34 篇）和成都中医药大学（28 篇）也有较高的发文章量，表明了这些机构对白术领域的研究给予较高的重视。

同时可以发现浙江中医药大学与其他机构的合作交流较多，且多为浙江省内的机构，这种省内紧密合作的形式有利于促进白术的深入研究。仔细查阅这些机构之间的联系可以发现部分机构之间形成了学术团队，如浙江中医药大学与浙江中医药大学中药饮片有限公司之间形成了葛卫红和杜伟锋等人组成的团队，主要研究白术在炮制过程中化学和感官属性的变化以及这些变化如何反映在药效上，展现了现代分析技术在传统中药研究中的应用潜力^[38-39]。

通过比较表 1 中英文文献发表情况，可见中文数据库与英文数据库在发文章量上存在显著差异。例如，浙江中医药大学在中文数据库中的发文章量为 53 篇，而在英文数据库中仅为 22 篇。此外，表中也呈现了多个科研实力雄厚的机构，例如 Chinese Academy

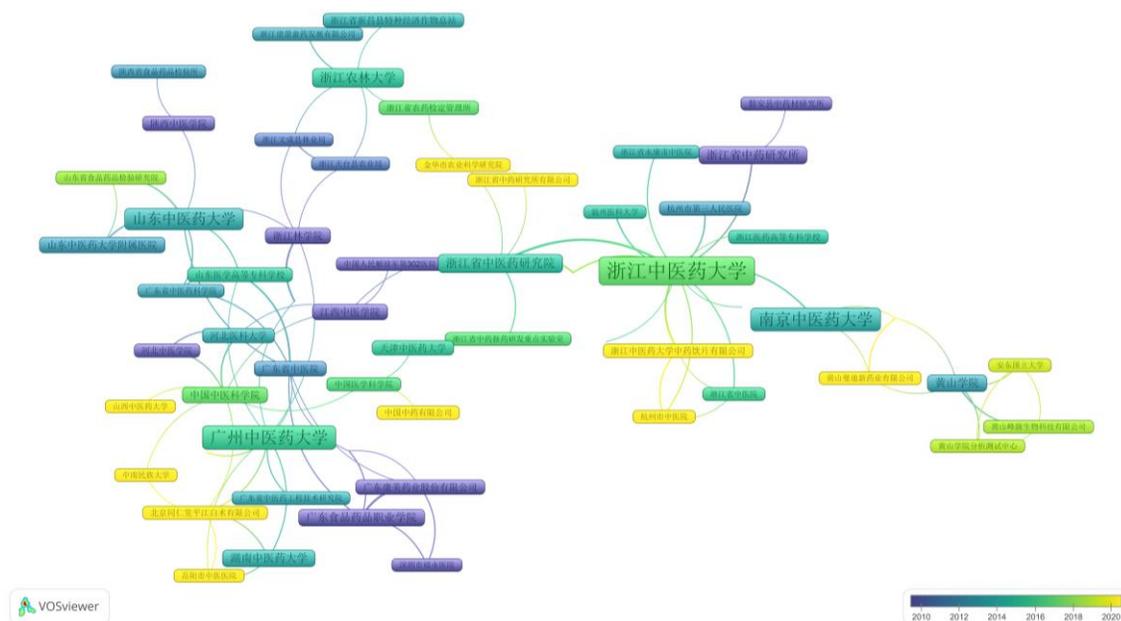


图 5 中文文献机构合作网络图

Fig. 5 Cooperation network of Chinese literature institutions

表 1 累计发文量前 10 的机构

Table 1 Top 10 institutions in terms of cumulative number of publications

序号	中文文献		英文文献	
	机构	发文量/篇	机构	发文量/篇
1	浙江中医药大学	53	Zhejiang Chinese Medical University	22
2	广州中医药大学	36	Chinese Academy of Sciences	15
3	辽宁中医药大学	35	Zhejiang University	14
4	南京中医药大学	34	Ministry of Education of the People's Republic of China	13
5	成都中医药大学	28	Zhongkai University of Agriculture and Engineering	13
6	湖北省农业科学院中药材研究所	27	Nanjing University of Traditional Chinese Medicine	12
7	湖南师范大学	27	Chengdu University of Traditional Chinese Medicine	10
8	山东中医药大学	27	China Academy of Chinese Medical Sciences	9
9	仲恺农业工程学院	23	Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College	9
10	江西中医药大学	20	Shanghai University of Traditional Chinese Medicine	8

of Sciences (中国科学院, 15 篇)、China Academy of Chinese Medical Sciences (中国中医科学院, 9 篇)、Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College (中国医学科学院北京协和医学院, 9 篇)。这些科研实力强大的机构的参与, 有利于促进白术的基础研究和加速其国际化进程。

2.4 发表期刊分析

累计发文量前 10 的期刊见表 2。由此可见, 白术相关研究在中文期刊的发文量较高, 其中《中药材》以 68 篇位居首位, 这表明该期刊在国内白术的研究领域中占有重要的地位, 其中具有代表性的有研究白术内酯类成分的胃肠抑制作用^[40]、白术多糖的分离纯化和化学结构分析^[41]以及白术多糖对 IEC-6 细胞分化及绒毛蛋白表达的影响^[42], 对白术生物活性成分进行深入的基础研究, 将极大促进对白术更深层次的药理作用和临床应用价值的挖掘和

理解。其次是《中草药》和《时珍国医国药》, 发文量分别为 43 篇和 41 篇, 显示了它们在传统中药研究方面的显著地位。从 Scopus 数据库中导出的数据包含了引用次数, 故在表 2 的英文文献中列出了期刊的 H 指数。H 指数是评价一个科研人员、机构或期刊学术影响力的指标之一, 较高的 H 指数意味着该期刊发表的文章被广泛引用^[43], 其被认为是一个比较全面和公平地衡量科研影响力的指标。在英文数据库中, *Journal of Ethnopharmacology* (2022 年影响因子 5.4) 以 H 指数 11 和发文量 15 篇领先, 查阅相关文献, 其中最具代表性的有筛选和鉴定白术中提取物的抗炎活性^[44]和研究白术分离出的化合物^[45]。其他期刊如 *Molecules*、*Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 也分别以 H 指数 9、发文量 14 篇和 H 指数 7、发文量 11 篇位居前列。

表 2 累计发文量前 10 的期刊

Table 2 Top 10 journals in terms of cumulative number of publications

序号	中文文献		英文文献		
	期刊	发文量/篇	期刊	H 指数	发文量/篇
1	中药材	68	<i>Journal of Ethnopharmacology</i>	11	15
2	中草药	43	<i>Molecules</i>	9	14
3	时珍国医国药	41	<i>Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine</i>	7	11
4	中国中药杂志	40	<i>Frontiers in Pharmacology</i>	7	10
5	中国实验方剂学杂志	25	<i>International Journal of Biological Macromolecules</i>	7	10
6	中成药	24	<i>Phytomedicine</i>	6	6
7	中国现代中药	22	<i>International Journal of Molecular Sciences</i>	4	4
8	中华中医药学刊	21	<i>Natural Product Research</i>	4	4
9	安徽农业科学	20	<i>European Journal of Pharmacology</i>	3	3
10	浙江农业科学	19	<i>Journal of Asian Natural Products Research</i>	3	3

2.5 作者合作网络分析

通过 SCImago Graphica 软件分析中英文文献作者合作关系，图 6 展示了基于中文数据库和英文数据库的合作较为紧密的部分作者。节点代表作者，其大小表示其发表的论文数量。节点之间的连线表示合作强度，线条越粗表示合作关系越紧密，紧密度越高意味着这 2 位作者之间具有更多的合作发文的次数。如图 6-A 所示，在紧密合作的作者群体中可能已经形成了合作团队，如林先明和游景茂等。该团队主要聚焦于白术的病害管理和生物防治^[46-47]，对白术的规范种植、产量提升和质量控制具有至关重要的意义。如图 6-B 所示，英文数据库中合作较为紧密的仍为中国作者，如 Xu D（许丹宁）、Tian Y（田允波）、Li W（李婉雁）等形成了合作团队。该团队

主要聚焦于研究在热应激下白术多糖通过对抗凋亡和恢复免疫功能对脾脏的保护效果^[48]和白术多糖的信号通路，包括针对减轻肝脏损伤的 miR-223/核苷酸结合寡聚化结构域样受体蛋白 3（nucleotide-binding oligomerization domain-like receptor protein 3, NLRP3）轴（炎症反应和免疫调节）^[49]、p53 通路（肿瘤抑制）、叉头框转录因子 O（forkhead transcription factor O, FOXO）通路（细胞凋亡）^[50]和针对脾脏的 Toll 样受体 4（toll-like receptor 4, TLR4）-髓样分化因子 88（myeloid differentiation primary response 88, MyD88）-核因子 κB（nuclear factor kappa-B, NF-κB）通路（炎症反应、免疫应答）^[51]，这对白术多糖的基础研究领域创造了重要的学术价值。

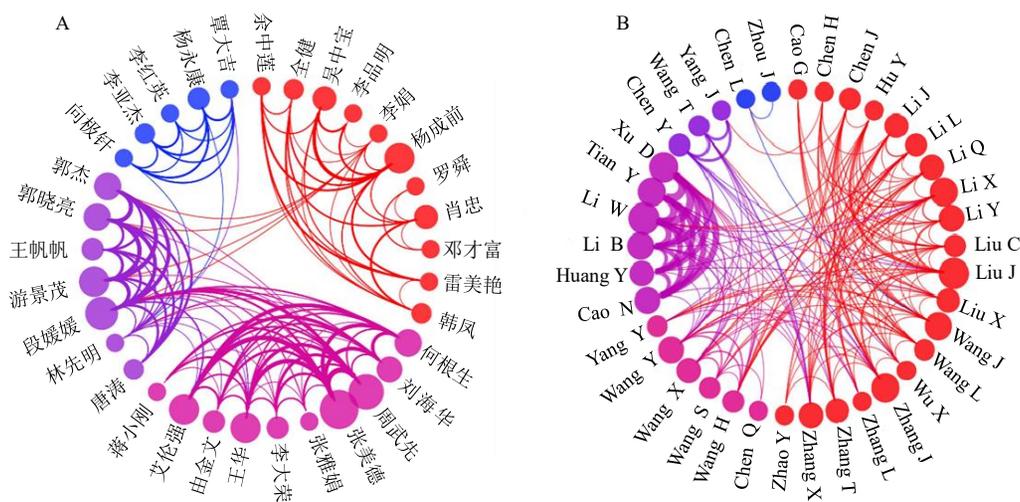


图 6 中文 (A) 和英文 (B) 文献作者合作环形图

Fig. 6 Circle diagram of author collaboration in Chinese (A) and English (B) literature

发文量排名前 10 的作者见表 3，其中总连接强度反映了他们合作关系的综合强度。李伟在该领域发表了 21 篇文献，总连接强度达到 51，这表现了他在该领域中的积极合作态势。紧接着的是田允波，发表了 20 篇文献，总连接强度高达 87，显示其在白术研究中的核心地位。Xu D（许丹宁）在本领域的 H 指数为 11，共发表了 14 篇文献，这突出表明了其在白术研究领域具有显著的学术影响力。

2.6 关键词分析

2.6.1 关键词共现分析 通过 VOSviewer 生成的关键词共现网络（图 7-A、B）揭示了关键词共现频率以及关键词之间联系的强度。节点代表关键词，其大小表示该关键词出现的次数。关键词间的连接线

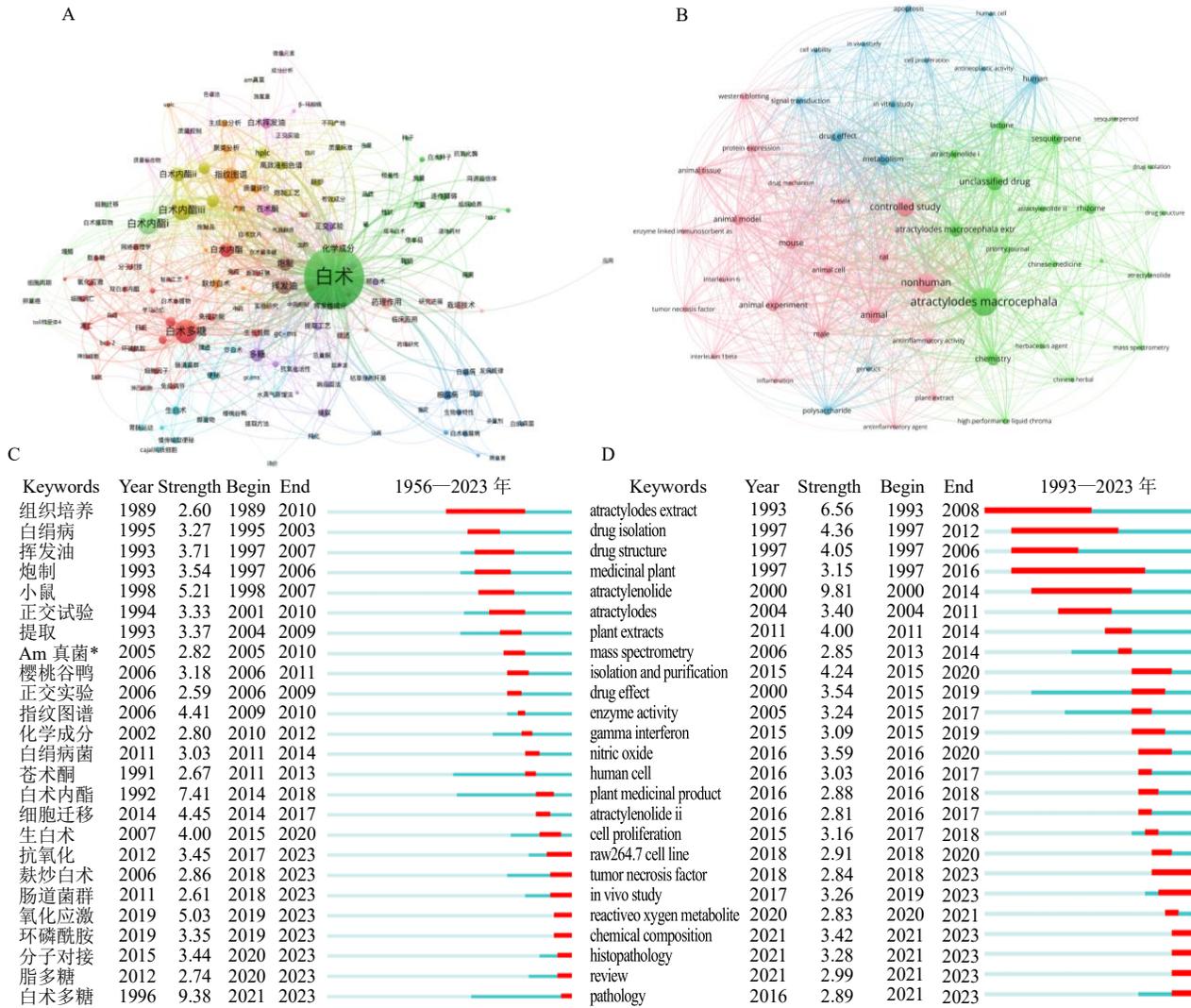
反映了共现次数，显示了白术研究中不同关键词之间的相互关联性。不同的颜色代表不同的聚类，同一聚类可能跨越不同学科或子领域。

中文文献关键词共现网络（图 7-A）中，中心关键词“白术”以其较大的节点尺寸、高达 980 次的出现频率以及 1 328 的总连接强度在网络中显著突出。这表明“白术”是该研究领域的核心主题，充当各种子主题之间的关键枢纽。关键词出现频率和总连接强度如表 4 所示，可以发现出现频率较高且围绕“白术”的节点包括“白术多糖”（出现 145 次）和不同形式的“白术内酯”（总计 352 次），如白术内酯 I、白术内酯 II 和白术内酯 III。白术内酯有关消炎^[52]、抗肿瘤^[53]、减少肝损伤^[54]等的

表 3 累计发文量前 10 的作者

Table 3 Top 10 authors in terms of cumulative number of publications

序号	中文文献			英文文献		
	作者	发文量/篇	总链接强度	作者	H 指数	发文量/篇
1	李伟	21	51	Xu D (许丹宁)	11	14
2	田允波	20	87	Li W (李婉雁)	9	12
3	邱细敏	19	44	Tian Y (田允波)	9	12
4	贾天柱	19	41	Cao N (曹楠)	7	11
5	张美德	18	77	Li B (李冰心)	5	9
6	陈鸿平	17	50	Huang Y (黄运茂)	6	8
7	许丹宁	16	82	Cao G (曹岗)	5	6
8	李婉雁	16	76	Yang J (杨健)	4	6
9	寿旦	16	46	Chen Q (陈琴华)	4	5
10	文红梅	16	44	Yu M (于猛)	2	5



* 丛枝菌根真菌。

*Arbuscular mycorrhizal fungi.

图 7 中英文文献关键词共现图 (A、B) 和突现图 (C、D)

Fig. 7 Keyword co-occurrence (A and B) and emergence (C and D) maps of Chinese and English literature

表 4 出现频率前 10 的关键词
Table 4 Top 10 keywords with frequency

序号	中文文献			英文文献		
	关键词	出现频率	总连接强度	关键词	出现频率	总连接强度
1	白术	980	1 328	atractylodes macrocephala	227	2 059
2	白术多糖	145	168	nonhuman	145	1 865
3	白术内酯 I	136	291	controlled study	133	1 797
4	白术内酯 III	104	276	unclassified drug	117	1 552
5	挥发油	70	161	animal	100	1 391
6	指纹图谱	59	164	atractylodes macrocephala extract	85	1 068
7	化学成分	55	119	chemistry	79	904
8	白术内酯 II	52	149	animal experiment	74	1 177
9	炮制	52	124	mouse	73	1 093
10	白术内酯	51	102	metabolism	67	897

研究和不同形式白术内酯的相互转化^[55]对于完善白术的基础研究具有重要作用。它们的出现频率和连接强度强调了它们在该领域的重要性，这可能与白术研究专注于化学组成和药理活性方面有关。其他关键词如“挥发油”（出现 70 次）、“指纹图谱”（出现 59 次）、“化学成分”（出现 55 次）、“炮制”（出现 52 次），这些涉及使用分析化学方法表征白术及其化学成分的特性^[56-57]，探索其精油^[58]，或研究传统加工技术对其化学成分和药理作用的影响^[59]，揭示了白术在药理作用方面的研究活跃性。

如图 7-B 和表 4 所示，“*Atractylodes macrocephala*”是出现频率最高关键词，共出现 227 次，总连接强度达 2 059。与中文文献类似，显示了其在研究网络中的核心地位。“nonhuman”这一关键词也非常突出，出现了 145 次，总连接强度为 1 865，同时，“animal”“animal experiment”和“mouse”等关键词的大量出现表明了小鼠等非临床研究对象对于白术领域的研究有较为重要的作用^[44]，利用非临床研究对象来探究白术的效用和机制是目前重要的一环。“controlled study”和“unclassified drug”是其他方面的重要关键词，它们的频率和总连接强度都很高，分别指向研究的方法论和药理学方面。

2.6.2 关键词突现分析 通过 CiteSpace 分析白术研究领域的关键词突现情况（图 7-C、D），研究焦点随时间演进经历了显著的转变。如图 7-C 所示，在中文文献中，1989—2010 年，组织培养作为一个研究热点持续了一段时间，挥发油、炮制和以小鼠为模型生物的研究也在这段时间内显著增长，这表

明了那一时期对白术化学性质的研究和其制备方法优化的兴趣。21 世纪初，正交试验设计和提取技术的研究逐步成为热点^[60]，表明研究方法已变得多样化。2005—2011 年，丛枝菌根真菌和白绢病菌的研究各自达到高峰^[61]，反映了对白术生长过程中生物相互作用以及可能遭受的病害的关注。这些关键词的兴起凸显了生态学和病理学在白术研究中的日益重要性。2014 年以后，白术内酯和细胞迁移的研究增强并逐一成为研究焦点^[62]，2023 年也有研究聚焦于白术内酯在抑制细胞迁移方面的效果^[63]，这体现了白术内酯和细胞迁移在白术领域的研究上具有显著的重要性。近年来，生白术、抗氧化以及肠道微生物群等关键词的出现，特别是 2015—2023 年的显著表现，展现了对生白术的药理作用的兴趣^[64]，其作为抗氧化剂的潜力^[65]以及在肠道微生物上的研究进展^[66]。生白术、抗氧化以及肠道微生物群研究的兴起反映了白术研究领域正逐渐关注更广泛的健康和生理效应。2021 年起，白术多糖的强度达到 9.38，成为最显著的研究焦点^[15,67-68]，这凸显了当前对白术多糖在生物医药领域应用的极大兴趣。如图 7-D 所示，在英文文献中，关键词如“atractylodes extract”从 1993 年开始突现，一直到 2008 年结束；而“drug isolation”“drug structure”和“medicinal plant”等关键词则从 1997 年开始突现，分别到 2012 年、2006 年和 2016 年结束，这表明了在白术领域初步探究时，主要集中于白术的提取和组分的分离鉴定。可以观察到有些关键词如“chemical composition”“histopathology”和

“pathology”等是近几年(2021—2023年)开始出现的,这表明近期白术领域的研究热点聚焦于探究白术的化学成分对不同疾病的组织病理学特征的影响。这些数据不仅揭示了白术研究领域的历史和现状,也为预测未来研究趋势提供了重要依据。

3 讨论

当前,随着互联网的普及,研究者搜索文献的门槛逐步降低,能够被搜索到的文献也越来越丰富,这可能会导致信息过载问题,并使得从大量文献中提取有价值的信息成为一项挑战,其中如何识别特定领域内的前沿和研究热点尤为困难。作为数学、统计学与文献学的交叉学科,文献计量学通过对知识载体的定量分析,在医学领域尤为广泛应用。该学科采用词频与共现分析、突现分析等方法,以确定特定领域的当前研究热点和前沿,帮助研究人员快速、全面地掌握该领域的最新进展,进而明确其未来的研究方向^[69]。

在文献计量学研究中,CNKI数据库因其丰富的中文学术资源和对中医药领域的广泛覆盖^[70],成为进行中药学领域文献计量分析的主流选择之一,经过初步的文献检索,CNKI相较于维普、万方等数据库在该领域的文献数量上具有显著优势,故本研究采用CNKI作为中文数据库进行检索。英文数据库也有较多选择,但经过对白术的初步检索,发现Web of Science Core Collection等数据库对于白术等中药英文文献的收集不够完整,PubMed导出的数据可分析的内容较为有限,而Scopus数据库具有文献收集全面且高质量的特点^[71],故在现有主题下选取Scopus作为英文文献来源的数据库是一个较为合适的选择。

本研究应用文献计量学软件VOSviewer和CiteSpace等对来自CNKI数据库和Scopus数据库的白术领域相关的1902篇中文文献和281篇英文文献进行了可视化分析,系统梳理了该领域的发展趋势,并对该研究领域的重要作者、机构、国家、期刊、关键词等分析要素进行了深入挖掘和分析。这一工作将为后续学者探索该领域的核心研究提供有用信息,帮助他们更快地把握该领域的核心内容、整体框架和发展趋势。结果表明,白术中文文献发文量呈波动上升并逐渐趋于平缓,英文文献虽然起步较晚但是呈现稳定上升的趋势。总体来说,中文发文量多于英文,但近几年来,中文文献的发表数量有所减缓,可能反映出白术领域在国内的研究进

展有所放缓。与此同时,英文文献的发表数量却呈现出显著增长的趋势,这表明白术的研究在国际上越来越受到关注。同时这也提示尽管国内的研究可能面临一些挑战,但白术作为一个重要的研究主题,正日益成为全球科学界关注的焦点。

白术中文文献的发表多集中于中国,尤其是各中医药院校,其中浙江中医药大学是发文量最高的机构,这可能因为该机构坐落于浙江(白术的道地产区)有关^[37]。白术产区的分布与中文文献发文量具有一定的联系,位于产区的几个省份在白术的研究上普遍较为活跃。除此以外发现中国与周围的国家也有较为明显的合作,这可能与中医药的传播有关。通过分析国家合作网络,可以预见白术未来将会在全球范围内实现更深入的研究和更广泛的应用。在作者合作网络和机构合作网络中,各高校、研究所的部分作者在一定程度上形成了密切合作的团队。然而,团队的数量和互相之间的合作仍然相对不足,这反映出白术研究领域仍需进一步加强跨区域、跨专业的学术交流,实现多方位的合作关系。在期刊的分析上,由于中医药自古以来是中华民族瑰宝,因此在数量和质量上,中文中医药期刊相较于国际期刊展现出领先优势,国际期刊相对缺乏对于中医药领域的重视,这可能与中医药目前仍难以通过西方医学角度充分解释其治疗机制和合理性有关。

在白术的研究进展方面,从国家和地区合作网络分析来看,国内外在合作模式上存在一定差异。中文文献的发表多集中于中国,尤其是各中医药院校,而英文文献则显示出中国与多个国家,尤其是与美国保持着频繁的合作关系,显示出中国在该领域的显著影响力。在研究内容方面,中文文献的主要关键词为白术、白术多糖、白术内酯等,反映了中文文献主要集中于白术的提取物和活性成分的研究^[72-74]。英文文献的主要关键词则为attractylodes、nonhuman、controlled study等,表明英文文献更侧重于白术的药理学研究以及其在动物模型中的应用^[75-76]。总体而言,中文和英文文献在白术研究中存在一定的共同点,如都关注白术的活性成分和药理作用^[77-82]。然而,两者在研究内容的侧重点和合作模式上存在一定的差异。中文文献更倾向于研究白术的化学成分和中医药应用^[83-84],而英文文献则更侧重于白术的药理学研究^[85-86]。这些差异反映了中西医学研究的不同传统和研究范式,也提示了未

来研究中可能的合作与融合方向。

本研究在某些方面存在一定的局限性。文献计量学的分析基于所收集的数据的质量和完整性,在确保文献收集的全面性与排除不相关文献的精准性方面,难以达到最佳的平衡点,因此可能遗漏部分在该领域具有一定影响力的研究。此外,本研究所包含的文献限于 2 个数据库的检索结果,并且仅考虑了中英文文献,忽略了其他语言撰写的相关研究,这可能导致结果的偏差。另一局限则是本研究中的分析需要对数据和呈现结果进行解释,这就要求研究人员对于本领域具有更深入、全面的了解,故难免会出现一定的主观性。但是本研究选择了较有代表性的中英文数据库,并尽可能平衡了文献收集的全面性和精准性,选取了合适的呈现形式展现客观数据,这对于研究白术的现状,判断该领域的热点和前沿仍极具参考意义。由于 Scopus 数据库导出作者均为缩写形式导致作者重名严重且难以在分析软件中解决,故研究结果仅供参考。

4 展望

关键词作为文献核心思想和主要信息的精炼总结,对文献关键词的汇聚与深入分析有助于揭露特定领域内的研究趋势和热点议题^[87]。通过观察可以发现,所有文献均围绕出现频次最高且最核心的关键词“白术 (*Atractylodes macrocephala*)”展开,通过分析归纳主要可以分为 3 个板块。

4.1 白术活性成分的提取与鉴定

白术的化学组成呈现出多样性,其主要包含倍半萜与内酯、黄酮、苯丙素、炔烃及多糖等多种成分^[16]。大部分的活性成分,如白术多糖^[88,65]、白术内酯^[89]、白术挥发油^[90-91]等的提取和测定方式已经十分成熟。本板块的研究已经趋于饱和,更多的研究可能集中于使用更加精密的仪器以及更加高效的提取分离技术挖掘白术中目前未发现的微量成分和优化改进白术活性成分的提取工艺。

4.2 白术活性成分的药理研究

白术内酯类成分、白术多糖等作为主要的白术活性成分^[92-93],在药理研究中引起了广泛的重视,对于这些活性的成分有了较多角度剖析的研究,如白术内酯 I 的诱导肿瘤细胞凋亡作用^[94]、抑制肿瘤细胞增殖作用^[95]、抑制肿瘤细胞侵袭和迁移作用^[96],白术内酯 II 抗肿瘤活性的作用^[97-98],白术多糖的抗氧化^[99]、免疫调节^[100]、调节消化系统^[26,101-102]、抗癌^[103]等作用。从众多的药理研究可以发现,白术

活性成分具有较为显著的药效,本板块仍具有较大的深入研究价值,但是查阅相关药品信息可知目前仍未有相关药品上市,将白术活性成分的药理研究成果转化成临床应用药物具有重大意义,这或许将是未来各新药研发团队聚焦的重点。

4.3 网络药理学和分子对接的应用

网络药理学和分子对接的结合能通过建立药物、靶标、疾病之间的相互作用网络和模拟分子水平的药物-靶标相互作用,有效指导药物设计和机制研究。例如,基于网络药理学和分子对接技术,通过筛选成分-疾病靶点蛋白相互作用网络的核心靶点,分析白术对免疫调节、抗炎等信号通路的治疗作用^[104-105]。本板块在目前白术研究领域较为新颖,这种通过模拟等手段预测药物机制和指导药物设计的方法,对于新药的发现和活性部位制备工艺优化有着重要的促进作用,推测其可能是未来一段时间的热点研究。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 107.
- [2] 黄奭. 神农本草经 [M]. 影印本. 北京: 中医古籍出版社, 1982: 35.
- [3] 梁·陶弘景编. 尚志钧尚元胜辑校. 本草经集注 [M]. 辑校本. 北京: 人民卫生出版社, 1994: 196.
- [4] 张晓娟, 左冬冬. 白术化学成分及药理作用研究新进展 [J]. 中医药信息, 2018, 35(6): 101-106.
- [5] van Eck N J, Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping [J]. *Scientometrics*, 2010, 84(2): 523-538.
- [6] Chen C M. Searching for intellectual turning points: Progressive knowledge domain visualization [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2004, 101(Suppl 1): 5303-5310.
- [7] Hassan-Montero Y, De-Moya-Anegón F, Guerrero-Bote V P. SCImago Graphica: A new tool for exploring and visually communicating data [J]. *Prof Inf*, 2022, 31(5): e310502.
- [8] 凌宗全. 白术化学成分及药理作用研究进展 [J]. 内蒙古中医药, 2013, 32(35): 105-106.
- [9] 杨倩. 常见文献计量学工具的分析功能比较研究 [J]. 情报探索, 2021(10): 87-93.
- [10] 彭敏, 顾施健, 姜淋洁, 等. 白术提取物降血脂作用的有效部位研究 [J]. 时珍国医国药, 2011, 22(10): 2363-2365.
- [11] 王鹤, 陈拥军, 张中华. 白术多糖对胃癌细胞 SGC-7901 凋亡的影响 [J]. 中国民族民间医药, 2015, 24(24):

- 10-11.
- [12] 赵洪敏, 朱庆均, 郑广娟, 等. 白术提取物对人肺癌 PG 细胞体外侵袭作用的影响 [J]. 山东中医药大学学报, 2005, 29(6): 465-466.
- [13] 宋厚盼, 李茹柳, 王一寓, 等. 白术提取物对 IEC-6 细胞迁移过程多胺信号通路钙离子调控的影响 [J]. 中华中医药杂志, 2014, 29(5): 1361-1367.
- [14] 李茹柳, 宋厚盼, 伍婷婷, 等. 白术提取物对 IEC-6 细胞迁移过程 Rho GTPases 及肌球蛋白 II 表达的影响 [J]. 中药新药与临床药理, 2015, 26(6): 739-743.
- [15] 杨颖, 魏梦昕, 伍耀业, 等. 白术多糖提取分离、化学组成和药理作用的研究进展 [J]. 中草药, 2021, 52(2): 578-584.
- [16] 张楠, 陶源, 李春燕, 等. 白术的化学成分及药理作用研究进展 [J]. 新乡医学院学报, 2023, 40(6): 579-586.
- [17] 蒋维维, 冯小花, 文贵辉. 白术多糖药理作用研究进展 [J]. 湖南畜牧兽医, 2023(5): 50-53.
- [18] Cao G, Cai H, Jiang J P, *et al.* Chemical differentiation of volatile compounds in crude and processed *Atractylodes Macrocephalae Rhizoma* by using comprehensive two-dimensional gas chromatography with time-of-flight mass spectrometry combined with multivariate data analysis [J]. *J Sep Sci*, 2014, 37(9/10): 1194-1198.
- [19] Pu J B, Xia B H, Hu Y J, *et al.* Multi-optimization of ultrasonic-assisted enzymatic extraction of *Atractylodes macrocephala* polysaccharides and antioxidants using response surface methodology and desirability function approach [J]. *Molecules*, 2015, 20(12): 22220-22235.
- [20] Hu Q M, Wang J X, Irshad M, *et al.* Neuroprotective effects of the psychoactive compound biatractylolide (BD) in Alzheimer's disease [J]. *Molecules*, 2022, 27(23): 8294.
- [21] Zhai C M, Zhao J P, Chittiboyina A G, *et al.* Newly generated atractylon derivatives in processed rhizomes of *Atractylodes macrocephala* Koidz [J]. *Molecules*, 2020, 25(24): 5904.
- [22] Ye Y, Wang H, Chu J H, *et al.* Atractylenolide II induces G1 cell-cycle arrest and apoptosis in B16 melanoma cells [J]. *J Ethnopharmacol*, 2011, 136(1): 279-282.
- [23] He Z W, Guo J Y, Zhang H W, *et al.* *Atractylodes macrocephala* Koidz polysaccharide improves glycolipid metabolism disorders through activation of aryl hydrocarbon receptor by gut flora-produced tryptophan metabolites [J]. *Int J Biol Macromol*, 2023, 253(Pt 4): 126987.
- [24] Zhang H X, Si J G, Li J R, *et al.* Eudesmane-type sesquiterpenes from the rhizomes of *Atractylodes macrocephala* and their bioactivities [J]. *Phytochemistry*, 2023, 206: 113545.
- [25] Xie Z Y, Lin M Q, He X, *et al.* Chemical constitution, pharmacological effects and the underlying mechanism of atractylenolides: A review [J]. *Molecules*, 2023, 28(10): 3987.
- [26] Wang R J, Zhou G S, Wang M Y, *et al.* The metabolism of polysaccharide from *Atractylodes macrocephala* Koidz and its effect on intestinal microflora [J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2014, 2014: 926381.
- [27] Ruan Q Y, Wang J Y, Xiao C Y, *et al.* Differential transcriptome analysis of genes associated with the rhizome growth and sesquiterpene biosynthesis in *Atractylodes macrocephala* [J]. *Ind Crops Prod*, 2021, 173: 114141.
- [28] Wang Y H, Wang S, Liu Y L, *et al.* Chloroplast genome variation and phylogenetic relationships of *Atractylodes* species [J]. *BMC Genomics*, 2021, 22(1): 103.
- [29] Zhan C J, Wang H, Wang Y. Quality evaluation of *Atractylodes Macrocephalae Rhizoma* through fingerprint qualitative analysis and quantitative analysis of multi-components by single marker [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2022, 219: 114899.
- [30] Hoang L E S, Tran M H, Lee J S, *et al.* Inflammatory inhibitory activity of sesquiterpenoids from *Atractylodes macrocephala* rhizomes [J]. *Chem Pharm Bull*, 2016, 64(5): 507-511.
- [31] Kim H L, Lee S K, Min D E, *et al.* Anti-obesity effects of a mixture of *Atractylodes macrocephala* and *Amomum villosum* extracts on 3T3-L1 adipocytes and high-fat diet-induced obesity in mice [J]. *Molecules*, 2022, 27(3): 906.
- [32] Kwak T K, Jang H S, Lee M G, *et al.* Effect of orally administered *Atractylodes macrocephala* Koidz water extract on macrophage and T cell inflammatory response in mice [J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2018, 2018: 4041873.
- [33] Kou N, Cho H, Kim H E, *et al.* Anti-cancer effect of *Atractylodes macrocephala* extract by double induction of apoptotic and autophagic cell death in head and neck cancer cells [J]. *Bangladesh J Pharmacol*, 2017, 12(2): 140-146.
- [34] Wu Y X, Lu W W, Geng Y C, *et al.* Antioxidant, antimicrobial and anti-inflammatory activities of essential oil derived from the wild rhizome of *Atractylodes macrocephala* [J]. *Chem Biodivers*, 2020, 17(8): e2000268.
- [35] Kim J H, Doh E J, Lee G. Chemical differentiation of genetically identified *Atractylodes japonica*, *A.*

- macrocephala*, and *A. chinensis* rhizomes using high-performance liquid chromatography with chemometric analysis [J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2018, 2018: 4860371.
- [36] Kim H Y, Kim J H. Sesquiterpenoids isolated from the rhizomes of genus *Atractylodes* [J]. *Chem Biodivers*, 2022, 19(12): e202200703.
- [37] 赵璐, 吴卫刚, 郭亮, 等. 中国白术产区变迁研究[J]. *中国现代中药*, 2023, doi: 10.13313/j.issn.1673-4890.20230202004.
- [38] 李亚飞, 汤璐璐, 唐瑞, 等. 基于 UPLC-Q-TOF-MS 法分析麸炒白术炮制前后差异性化学成分 [J]. *中成药*, 2023, 45(8): 2774-2781.
- [39] 李亚飞, 汤璐, 赵明方, 等. 基于 Heracles NEO 超快速气相电子鼻麸炒白术炮制全过程气味变化识别研究 [J]. *中草药*, 2023, 54(15): 4812-4822.
- [40] 张奕强, 许实波, 林永成. 白术内酯系列物的胃肠抑制作用 [J]. *中药材*, 1999(12): 636-640.
- [41] 池玉梅, 李伟, 文红梅, 等. 白术多糖的分离纯化和化学结构研究 [J]. *中药材*, 2001, 24(9): 647-648.
- [42] 王洲, 李茹柳, 徐颂芬, 等. 白术糖复合物对 IEC-6 细胞分化及绒毛蛋白表达的影响 [J]. *中药材*, 2010, 33(6): 938-944.
- [43] Hirsch J E. An index to quantify an individual's scientific research output [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2005, 102(46): 16569-16572.
- [44] Li C Q, He L C, Dong H Y, et al. Screening for the anti-inflammatory activity of fractions and compounds from *Atractylodes macrocephala* Koidz [J]. *J Ethnopharmacol*, 2007, 114(2): 212-217.
- [45] Yao C M, Yang X W. Bioactivity-guided isolation of polyacetylenes with inhibitory activity against NO production in LPS-activated RAW_{264.7} macrophages from the rhizomes of *Atractylodes macrocephala* [J]. *J Ethnopharmacol*, 2014, 151(2): 791-799.
- [46] 唐涛, 毛婷, 郭杰, 等. 生防菌 BZJN1 和苯甲·丙环唑对白术根际土壤细菌群落组成及理化特性的影响 [J]. *中国中药杂志*, 2020, 45(14): 3414-3421.
- [47] 唐涛, 王帆帆, 郭杰, 等. 12 种生物源杀菌剂对白术根腐病的防效 [J]. *植物保护*, 2021, 47(3): 288-293.
- [48] Xu D N, Li B X, Cao N, et al. The protective effects of polysaccharide of *Atractylodes macrocephala* Koidz (PAMK) on the chicken spleen under heat stress via antagonizing apoptosis and restoring the immune function [J]. *Oncotarget*, 2017, 8(41): 70394-70405.
- [49] Chen F Y, Li B X, Li W Y, et al. Polysaccharide of *Atractylodes macrocephala* Koidz alleviate lipopolysaccharide-stimulated liver inflammation injury of goslings through miR-223/NLRP3 axis [J]. *Poult Sci*, 2023, 102(1): 102285.
- [50] Zhang B Q, Hong L S, Ke J F, et al. Polysaccharide of *Atractylodes macrocephala* Koidz alleviate lipopolysaccharide-induced liver injury in goslings via the p53 and FOXO pathways [J]. *Poult Sci*, 2023, 102(3): 102480.
- [51] Li B X, Li W Y, Tian Y B, et al. Polysaccharide of *Atractylodes macrocephala* Koidz enhances cytokine secretion by stimulating the TLR4-MyD88-NF- κ B signaling pathway in the mouse spleen [J]. *J Med Food*, 2019, 22(9): 937-943.
- [52] 陈琴华, 余飞, 王红梅, 等. 白术内酯 I、II、III 对炎性巨噬细胞细胞因子表达的影响 [J]. *中国药师*, 2017, 20(12): 2112-2116.
- [53] 刘旻, 叶峰, 邱根全, 等. 白术内酯 I 对肿瘤恶病质患者细胞因子和肿瘤代谢因子的影响 [J]. *第一军医大学学报*, 2005, 25(10): 1308-1311.
- [54] 王嫦鹤, 耿庆光, 王雨轩. 白术内酯 I 对免疫性肝损伤的保护作用 [J]. *中国中药杂志*, 2012, 37(12): 1809-1813.
- [55] 王小芳, 王芳, 张亚环, 等. 白术挥发油中苍术酮氧化反应的动力学 [J]. *应用化学*, 2007, 24(3): 301-305.
- [56] 黄宝山, 孙建枢, 陈仲良. 白术内酯 IV 的分离鉴定 [J]. *J Integr Plant Biol*, 1992(8): 614-617.
- [57] 王保德, 余亦华, 滕宁宁, 等. 双表白术内酯的结构鉴定 [J]. *化学学报*, 1999, 57(9): 1022-1025.
- [58] 陈向阳, 汪润舒, 康清俊, 等. 野生祁白术精油化学成分及对自由基的清除作用 [J]. *鲁东大学学报: 自然科学版*, 2021, 37(3): 228-234.
- [59] 罗琛艳, 金祖翔, 魏思文, 等. 传统和现代方法相结合评价白术饮片质量 [J]. *中国实验方剂学杂志*, 2014, 20(4): 57-61.
- [60] 李鹏, 陈琴华, 李志浩, 等. 超声法提取白术中白术内酯 I 和 III 的正交实验研究 [J]. *中药材*, 2009, 32(10): 1615-1618.
- [61] 王东雪, 卢彦琦, 贺学礼. 施磷水平对接 AM 真菌白术植株生长和生理特征的影响 [J]. *西北植物学报*, 2010, 30(1): 136-142.
- [62] 刘志强, 刘和波, 王博龙. 白术中白术内酯 I、II、III 的靶标预测及蛋白互作网络研究 [J]. *中国药房*, 2018, 29(23): 3241-3246.
- [63] 蒋宗莹, 赵云辉, 张云亭, 等. 白术内酯 II 逆转 M2 型巨噬细胞极化调控 PDL1 表达抑制 A549 细胞迁移 [J]. *天然产物研究与开发*, 2023, 35(11): 1857-1863.
- [64] 贾梦鑫, 于猛, 秦玲玲, 等. 生白术多糖对洛哌丁胺诱

- 导大鼠便秘的改善作用研究 [J]. 中草药, 2022, 53(24): 7808-7815.
- [65] 朱静坚, 伍春桃, 周玉磊, 等. 白术多糖指纹图谱和抗氧化活性的谱效关系分析 [J]. 理化检验: 化学分册, 2022, 58(6): 701-707.
- [66] 周雅, 汪琪, 孙庆珠, 等. 白术-白芍药对的抗肝纤维化作用及对肠道微生物群的调控 [J]. 中华中医药杂志, 2022, 37(4): 1919-1923.
- [67] 毛俊浩, 吕志良, 曾群力, 等. 白术多糖对小鼠淋巴细胞功能的调节 [J]. 免疫学杂志, 1996(4): 21-24.
- [68] 杨慧, 蒋且英, 刘璇, 等. 基于 UPLC-Q-TOF-MS 技术白术多糖干预溃疡性结肠炎的代谢组学研究 [J]. 中草药, 2023, 54(15): 4895-4904.
- [69] Chen Y H, Yin M Q, Fan L H, *et al.* Bibliometric analysis of traditional Chinese medicine research on heart failure in the 21st century based on the WOS database [J]. *Heliyon*, 2023, 9(1): e12770.
- [70] 许宽勤, 朱文莉, 施慧, 等. 基于 CNKI 的近 20 年中药治疗失眠研究状况及趋势可视化分析 [J]. 中国中医药信息杂志, 2019, 26(11): 101-105.
- [71] Baas J, Schotten M, Plume A, *et al.* Scopus as a curated, high-quality bibliometric data source for academic research in quantitative science studies [J]. *Quant Sci Stud*, 2020, 1(1): 377-386.
- [72] 罗昭勇, 余晓历, 柳静蕾, 等. 白术挥发油的化学成分及药理作用研究进展 [J/OL]. 中华中医药学刊 [2024-09-12]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/21.1546.r.20240122.1416.027.html>.
- [73] 陈泉泉, 杨舒展, 陈浩祥, 等. 白术多糖对脂多糖处理下雏鹅十二指肠肠道屏障功能的调节作用 [J]. 动物营养学报, 2024, 36(2): 981-994.
- [74] 郁浩胜, 谢凌峰, 陈天琪, 等. 白术多糖对 LPS 诱导雏鹅脾脏免疫损伤的保护作用 [J]. 中国兽药杂志, 2023, 57(11): 22-30.
- [75] Zhang N, Lv F Y, Xiao H, *et al.* Synergistic and attenuated effects and molecular biological mechanisms of Shouhui Tongbian capsule in the treatment of slow transit constipation based on UPLC-MS/MS, network pharmacology and animal experimental validation [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2024, 239: 115846.
- [76] Qin L L, Yu M, Yang P, *et al.* The rhizomes of *Atractylodes macrocephala* relieve loperamide-induced constipation in rats by regulation of tryptophan metabolism [J]. *J Ethnopharmacol*, 2024, 322: 117637.
- [77] 龙家英, 李小芳, 王娴, 等. 白术抗肿瘤活性成分及其抗肿瘤机制研究进展 [J]. 中药与临床, 2021, 12(1): 65-71.
- [78] 杜航, 何文生, 胡红兰, 等. 白术活性成分药理作用研究进展 [J]. 江苏中医药, 2022, 54(5): 76-80.
- [79] Yang S H, Zhang J L, Yan Y Q, *et al.* Network pharmacology-based strategy to investigate the pharmacologic mechanisms of *Atractylodes macrocephala* Koidz. for the treatment of chronic gastritis [J]. *Front Pharmacol*, 2019, 10: 1629.
- [80] Cheng H, Zhang D D, Wu J, *et al.* *Atractylodes macrocephala* Koidz. volatile oil relieves acute ulcerative colitis via regulating gut microbiota and gut microbiota metabolism [J]. *Front Immunol*, 2023, 14: 1127785.
- [81] Gu S H, Li L, Huang H, *et al.* Antitumor, antiviral, and anti-inflammatory efficacy of essential oils from *Atractylodes macrocephala* Koidz. produced with different processing methods [J]. *Molecules*, 2019, 24(16): 2956.
- [82] 顾思浩, 孔维崧, 张彤, 等. 白术的化学成分与药理作用及复方临床应用进展 [J]. 中华中医药学刊, 2020, 38(1): 69-73.
- [83] 杨亮, 于洋, 康舒宇, 等. 基于 UPLC-MSE 的白术化学成分分析及产地差异研究 [J]. 中草药, 2024, 55(4): 1344-1353.
- [84] 陈钰岚, 魏柯健, 刘静, 等. 白术水提物对肥胖小鼠血管稳态失衡的影响 [J]. 中草药, 2024, 55(5): 1578-1589.
- [85] Zhu B, Zhang Q L, Hua J W, *et al.* The traditional uses, phytochemistry, and pharmacology of *Atractylodes macrocephala* Koidz.: A review [J]. *J Ethnopharmacol*, 2018, 226: 143-167.
- [86] Yang L, Yu H, Hou A, *et al.* A Review of the Ethnopharmacology, Phytochemistry, Pharmacology, Application, Quality Control, Processing, Toxicology, and Pharmacokinetics of the Dried Rhizome of *Atractylodes macrocephala* [J]. *Front Pharmacol*, 2021, 12: 727154.
- [87] 孔雨朦, 刘晓轩, 钟鹏英, 等. 基于文献计量学的鱼腥草研究热点可视化分析 [J]. 中草药, 2023, 54(20): 6777-6790.
- [88] 彭静, 潘东梅, 潘东莲, 等. 白术多糖提取分离工艺研究 [J]. 中华中医药学刊, 2024, 42(5): 41-45.
- [89] 刘伟祥, 黎琼红, 谢晨, 等. HPLC 法测定白术中的白术内酯 I、II、III [J]. 中草药, 2007, 38(8): 1261-1262.
- [90] 黄小千, 牟洁, 朱莹, 等. 白术挥发油提取工艺的优化及其化学成分研究 [J]. 山东中医药大学学报, 2013, 37(4): 339-342.
- [91] 阎克里, 朱秀卿, 赵丽. 白术挥发油的 HPLC 定量质控和特征图谱研究 [J]. 药物分析杂志, 2011, 31(4): 758-763.
- [92] 刘棣文, 何莉莉, 崔娜, 等. 白术化学成分、药理作用研究进展及质量标志物预测 [J]. 中医药信息, 2024, 41(1): 65-78.

- [93] 董施秋, 闫晨苗, 高潇, 等. 白术化学成分及药理作用研究进展 [J]. 哈尔滨医药, 2024, 44(1): 130-134.
- [94] Huang H L, Lin T W, Huang Y L, *et al.* Induction of apoptosis and differentiation by atractylenolide-I isolated from *Atractylodes macrocephala* in human leukemia cells [J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2016, 26(8): 1905-1909.
- [95] Wang K L, Huang W, Sang X N, *et al.* Atractylenolide I inhibits colorectal cancer cell proliferation by affecting metabolism and stemness via AKT/mTOR signaling [J]. *Phytomedicine*, 2020, 68: 153191.
- [96] Tang D X, Xu X F, Ying J L, *et al.* Transfer of metastatic traits via miR-200c in extracellular vesicles derived from colorectal cancer stem cells is inhibited by atractylenolide I [J]. *Clin Transl Med*, 2020, 10(4): e139.
- [97] Fu X Q, Chou G X, Kwan H Y, *et al.* Inhibition of STAT3 signalling contributes to the antimelanoma action of atractylenolide II [J]. *Exp Dermatol*, 2014, 23(11): 855-857.
- [98] Zhang R J, Wang Z J, Yu Q Y, *et al.* Atractylenolide II reverses the influence of lncRNA XIST/miR-30a-5p/ROR1 axis on chemo-resistance of colorectal cancer cells [J]. *J Cell Mol Med*, 2019, 23(5): 3151-3165.
- [99] 石娜, 苏洁, 杨正标, 等. 白术多糖对 D-半乳糖致衰老模型小鼠的抗氧化作用 [J]. 中国新药杂志, 2014, 23(5): 577-581.
- [100] 韩懿存, 陈玉龙, 范修琦, 等. 白术多糖通过靶向 miR-34a 抑制食管癌细胞免疫检查点 PD-L1 表达的机制研究 [J]. 中国中药杂志, 2022, 47(6): 1658-1665.
- [101] Li L, He Y H, Wang N, *et al.* Atractylone in the *Atractylodes macrocephala* rhizoma essential oil and its anti-inflammatory activity [J]. *Molecules*, 2023, 28(21): 7340.
- [102] Li L, Du Y Y, Wang Y, *et al.* Atractylone alleviates ethanol-induced gastric ulcer in rat with altered gut microbiota and metabolites [J]. *J Inflamm Res*, 2022, 15: 4709-4723.
- [103] 冯子芳, 杨瑞宾. 白术多糖通过 TLR4 信号通路对结肠癌 CT26 荷瘤小鼠肿瘤生长及免疫调节的影响 [J]. 中成药, 2022, 44(1): 231-235.
- [104] 王海霞, 康显杰, 朱燕, 等. 基于网络药理学和分子对接技术探讨白术治疗溃疡性结肠炎的潜在分子机制 [J]. 浙江中医药大学学报, 2020, 44(9): 916-923.
- [105] 余学成, 高增祥, 吴斌, 等. 白术治疗溃疡性结肠炎作用机制的网络药理学分析及实验验证研究 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2024, 26(1): 145-156.

[责任编辑 潘明佳]