

doi:10.11920/xnmdzk.2025.04.009

基于文献计量学的中药白及研究现状与发展态势

何钰洁¹,孙滢¹,彭茜¹,苟恺军¹,古环¹,曾锐^{1,2},王潇^{1,2}

(1.西南民族大学药品与食品学院,四川成都610041;

2.西南民族大学青藏高原民族药炮制制剂研究与应用实验室,四川成都610041)

摘要:基于文献计量学方法探讨白及20余年研究趋势,旨在探究该领域发展动态及前沿热点.通过检索Web of Science和中国知网收录的白及研究文献,运用CiteSpace和VOSviewer对发文趋势、被引频次、关键词共现、聚类、时间线及作者合作网络进行可视化分析.共纳入中英文文献850篇,年发文量处于持续增长状态.高被引文献集中于五大主题:药理作用机制、新型剂型开发、糖尿病、伤口愈合及溃疡性结肠炎治疗.白及领域的研究进程可分为三个阶段:初期(2004—2010)聚焦传统功效研究与栽培技术;中期(2011—2019)开始关注有效成分提取及质量评价体系构建;近期(2020—2025)研究多糖生物活性机制、功能性医用材料及标准化生产关键技术创新;目前热点是多学科交叉研究,尤其在生物医学材料领域展现出巨大应用潜力.未来需加强作用机制的研究、质量控制标准体系建立以及推动白及药材的现代化应用.

关键词:白及;白及多糖;文献计量学;热点趋势;可视化分析

中图分类号:R28

文献标志码:A

文章编号:2095-4271(2025)04-0421-10

Research status and development trend of *Bletilla striata* based on bibliometrics

HE Yujie¹, SUN Ying¹, PENG Qian¹, GOU Kaijun¹, GU Huan¹, ZENG Rui^{1,2}, WANG Xiao^{1,2}

(1.School of Pharmacy and Food, Southwest Minzu University, Chengdu 610041, China; 2.Laboratory of Qinghai-Tibet Plateau Ethnic Medicine Processing and Pharmaceutical Preparations Research, Southwest Minzu University, Chengdu 610041, China)

Abstract: This study explored the research trends of *Bletilla striata* over the past 20 years based on bibliometric methods, aiming to investigate the development dynamics and frontier hotspots in this field. By searching for literature related to *Bletilla striata* through Web of Science and CNKI, and using CiteSpace and VOSviewer for visual analysis of literature trends, cited frequency, keyword co-occurrence, clustering, timeline, and author collaboration networks, a total of 850 Chinese and English articles were included, the annual publication volume is in a continuous growth state. Highly cited literatures focused on five major themes: pharmacological mechanisms, development of new dosage forms, diabetes, wound healing, and treatment of ulcerative colitis. The research progress in the field of *Bletilla striata* was divided into three stages: the initial stage (2004–2010) focused on traditional efficacy research and cultivation techniques, the middle stage (2011–2019) began to pay attention to the extraction of active ingredients and the construction of a quality evaluation system, and the recent stage (2020–2025) focused on investigating the biological activity mechanisms of polysaccharides, functional medical materials, and key technological innovations in standardized production. The research is currently characterized by interdisciplinary research, resulting in particularly great potential in the field of biomedical materials. In the future, it is necessary to strengthen the research on the mechanism of action, establish a quality control standard system, and promote the modern application of *Bletilla striata* medicinal materials.

收稿日期:2025-03-23

通信作者:曾锐(1976-),男,教授,博士,研究方向:中药/民族药的产地加工炮制工艺和质量标准研究.E-mail:rzeng@swun.edu.cn;
王潇(1995-),女,中级职称,博士,研究方向:中药及民族药的资源开发.E-mail:wangxiao12643@126.com

基金项目:国家自然科学基金面上项目(82474353);四川省自然科学基金项目(2024NSFSC1685);西南民族大学青藏高原研究科技创新团队(2024CXTD23)

Keywords: *Bletilla striata*; *Bletilla striata* polysaccharide; bibliometrics; hotspot trend; visual analysis

中药白及(*Bletilla striata*(Thunb.) Reichb. F.)是一种兰科植物,又名白芨、甘根、白给、朱兰、紫兰等,生境为高山、林缘或山坡草丛中,喜温暖、阴凉和较阴湿的环境,有一定的耐寒性^[1].白及在我国分布范围广,平原到高原都有生长,在湖北、四川、重庆、云南、陕西、甘肃、贵州、江西、江苏等省市均有分布和种植,资源丰富^[2-3].白及具有悠久的药用历史,是我国的传统中药材,早在《神农本草经》中就有使用的记载,其具有收敛止血、消肿生肌的功效^[4].白及的药用部位是干燥块茎,中医认为其性涩能止血、可用于咯血、吐血、外伤出血等症;生肌治疮的功效临床可用于治疗上消化道出血、褥疮、烧烫伤、肿瘤等^[1].基于传统功效的认知,对白及的现代药理作用研究也多基于黏膜修复,通过促进细胞的再生和增殖在保护胃黏膜方面发挥着重要作用^[5].此外,它还展现出显著的抗溃疡特性、预防肠粘连、加速伤口愈合、增强机体免疫等多种药理活性,在医学领域一直备受重视并得到应用^[6].

白及的主要有效成分白及多糖(*Bletilla striata* polysaccharide, BSP)受到大多数研究者的广泛关注和研究,白及多糖具有稳定的理化性质、良好的生物活性和生物相容性,这是白及发挥治疗作用的优势特点^[6].目前,随着对白及的化学成分和药理作用不断深入研究,发现了其在医药、食品和化妆品领域蕴藏的巨大应用潜力^[7].近年来,对白及药材的研究越来越深入,为充分发挥白及的各种治疗作用,开发了各种各样的新型剂型和临床应用方法.文献计量学是一门应用数学和统计学方法来分析文献特征和发展趋势的学科,它通过可视化文献的出版量、被引次数、作者、机构等多个维度,来评估和分析文献领域的发展状况和趋势,这种方法可以帮助我们了解文献的产生、传播和使用,从而指导我们进行更加科学、全面和有效的学术研究^[8].

因此,本研究以 CNKI、WOS 核心数据库作为研究基础,运用文献计量学方法结合可视化分析软件,对白及领域相关研究的文献进行系统性的分析,以“白及”“白及多糖”“*Bletilla striata*”“*Bletilla striata*

polysaccharide”为关键词分别检索收集 2004 年 1 月 1 日—2025 年 4 月 1 日的中文文献和英文文献.旨在运用可视化分析方法探索白及药材的研究进展,讨论白及近 20 年的发展情况和目前的研究热点,为白及今后的研究提供参考.

1 资料和收集方法

1.1 数据收集

中文文献通过中国知网(China National Knowledge Infrastructure, CNKI)、检索主题设置为“白及”和“白及多糖”,发表时间设置为 2004 年 1 月 1 日—2025 年 4 月 1 日.英文文献通过 Web of Science (WOS) 核心数据库,设置检索主题为“*Bletilla striata*”,文献类型设定为“article and review”,发表时间为 2004 年 1 月 1 日—2025 年 4 月 1 日.

1.2 文献的筛选与处理

CNKI 数据库中检索得到中文文献共 2 182 篇,对所有的文献进行筛选和去除,除去硕博学位论文、会议类、科技成果类、报纸类、专利标准类、通知公告类以及非中药学类的文献,得到有效文献 735 篇.英文文献检索得到文献 552 篇,同法去除不相关文献后得到 115 篇,共计中英文文献 850 篇.

1.3 文献的数据分析

将筛选出来的中文文献 Refworks 格式导出,英文文献以 Plain text file 格式导出,使用 CiteSpace 和 VOSviewer 对导出的文献进行可视化分析,分别对文献的作者、文献的年发文量和关键词分析,构建作者合作关系图和共现关键词聚类图,并对相关数据整合归纳.

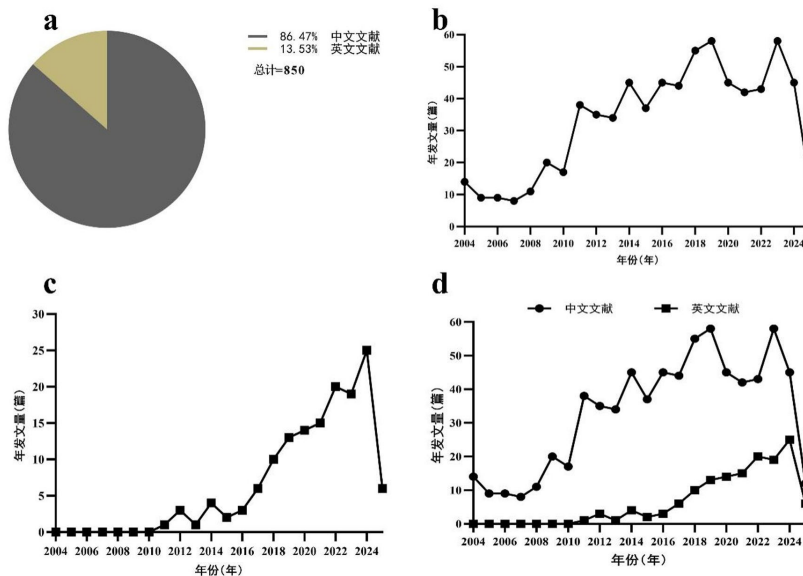
2 结果分析

2.1 发文量分析

检索 2004 年 1 月 1 日—2025 年 4 月 1 日关于白及的文献,筛选得到 850 篇文献,将数据导入 Graph-Pad Prism 作图软件,制作中英文文献年发文量统计图.由图 1-a 可知,白及的中文文献占总发文量的 86.47%,英文文献占总发文量的 13.53%,中文文献

的发表数量明显高于英文文献.从图 1-b、c 可以看出,过去 20 年里白及研究的相关文献呈现出增长趋势.在 2004 年白及相关文献发表数量较少,可能由于该研究领域刚刚起步,受到的关注和投入研究较少.从 2010 年起,该领域的年度发表数量就开始逐渐上升,其间虽有一些波动,但整体呈上升趋势这反映出该领域内研究工作的不断深入和拓展.图 1-d 显示,2004—

2024 年中英文文献发表数量都处于上升趋势,2020—2024 年英文文献增长率相对较高,表明随着研究领域发展及国际交流增加,研究者们更多的成果倾向于以英文发表,吸引国际关注,这可能是后期英文文献快速增长的原因.2025 年 4 个月内已经发表中文文献 12 篇,英文文献 6 篇,预计 2025 年发文章量将会持续上升.



a: 中英文文献发文章量占比; b: 中文文献发表数量与年份之间的关系; c: 英文文献发表数量与年份之间的关系; d: 中英文文献年度发表数量

图 1 白及研究领域的年发表数量情况

Fig.1 The annual publication quantity in the research field of *Bletilla striata*

2.2 高频次引用分析

文献被引频次的多少是评判研究价值和意义的重要指标^[9].本研究筛选了中英文文献被引频次排名前五的文献(表 1),发现中文文献主要研究白及的化学成分、药理作用以及白及在糖尿病创面和胃溃疡治疗中的应用.被引频次最高的中文文献是任华忠、何毓敏等发表的“白及化学成分及其药理活性研究进展”,该综述介绍了白及的化学成分、药理作用及临床

应用,突出了白及在多种疾病中的应用,为后续研究提供了参考价值^[3].白及多糖在糖尿病溃疡治疗中的研究也备受关注,糖尿病溃疡是糖尿病患者常见的并发症,临床治疗难度大^[10].2011 年发表在《中国中药杂志》的“白及多糖对糖尿病溃疡创面愈合的作用研究”虽然实验较为基础,但其较高被引频次表明研究者对白及在糖尿病创面治疗中的效果开始关注,为后续的研究奠定了基础^[10].

表 1 被引频次排名前五的中文文献

Table 1 The top five Chinese literatures ranked by citation frequency

序号	题目	期刊	年份	被引频次
1	白及化学成分其药理活性研究进展	亚太传统医药	2009	181
2	白及的成分、药理作用和临床应用研究进展	中国药业	2017	142
3	中药白及药理作用及临床应用进展	药学实践杂志	2004	123
4	白及多糖对糖尿病溃疡创面愈合的作用研究	中国中药杂志	2011	114
5	黄柏、地榆、白及对溃疡性结肠炎大鼠组织中 NF-κB 和细胞因子表达的影响	中国中医急症	2010	105

英文文献中引用频次最多的是“Physicochemical characterization of the polysaccharide from *Bletilla striata*: Effect of drying method”(表 2), 主要研究了干燥方法对白及多糖的物理化学特性的影响, 并且这些研究结果对于理解和优化白及多糖的生产和应用具有重要意义^[11]. 其次, 国外对白及的研究主要集中在止血和伤口愈合方面, 旨在开发白及各种新型剂型, 例如水凝胶贴片、止血海绵等^[12-13]. 水凝胶展现出了自我修复能力、刺激响应性以及延长材料寿命等特性, 这

些都是理想的止血和组织黏合剂所需的特性, 研究强调了白及多糖的生物相容性和生物可降解性, 这对于医疗应用来说是非常重要的^[14]. 国外对白及水凝胶和止血海绵的研究不仅提供了制备新型生物材料的新方法, 还强调了多功能性、生物相容性、生物可降解性以及协同效应在设计止血和伤口愈合材料中的重要性, 可以作为开发新型生物材料和医疗产品的参考^[13-14].

表 2 被引频次排名前五的英文文献

Table 2 The top five English literatures ranked by citation frequency

序号	题目	期刊	年份	被引频次
1	Physicochemical characterization of the polysaccharide from <i>Bletilla striata</i> : Effect of drying method	Carbohydrate Polymers	2015	182
2	Optimization of infrared-assisted extraction of <i>Bletilla striata</i> polysaccharides based on response surface methodology and their antioxidant activities	Carbohydrate Polymers	2016	152
3	A dual-cross-linked hydrogel patch for promoting diabetic wound healing	Small	2022	148
4	Preparation and evaluation of chitosan/alginate porous microspheres/ <i>Bletilla striata</i> polysaccharide composite hemostatic sponges	Carbohydrate Polymers	2017	141
5	Spongy bilayer dressing composed of chitosan-Ag nanoparticles and chitosan- <i>Bletilla striata</i> polysaccharide for wound healing applications	Carbohydrate Polymers	2017	126

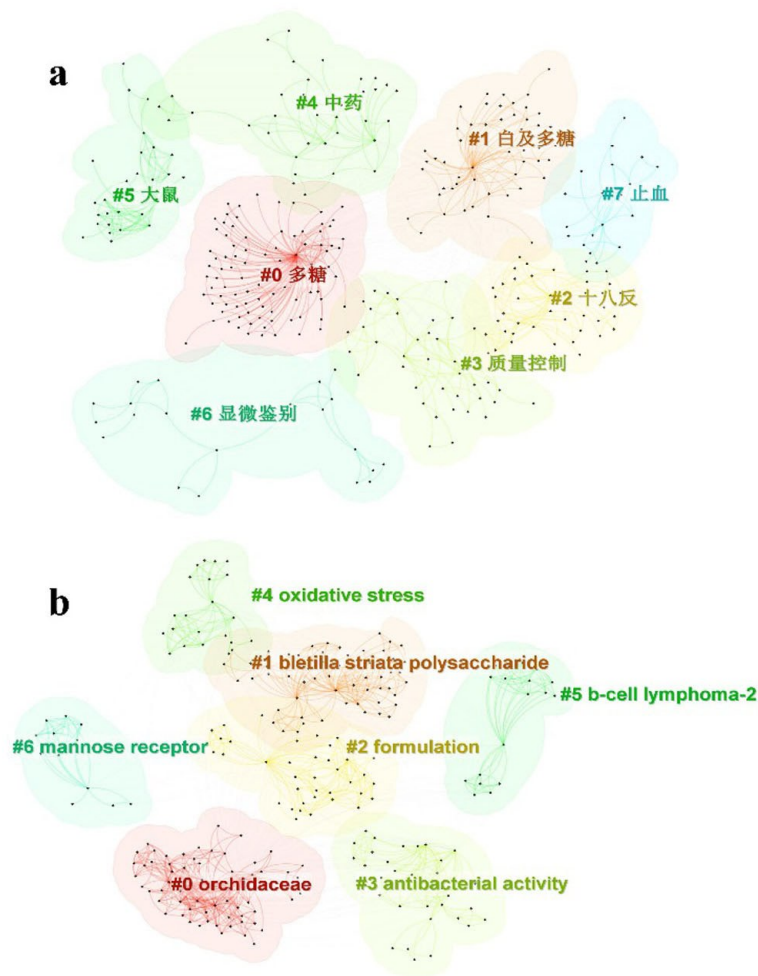
2.3 关键词共现聚类分析

运用 VOSviewer 文献计量学软件对收集所得中英文文献进行关键词分析、关键词提取后, 生成关键词共现图谱, 结果见图 2. 由图 2-a 可知, 其中节点最大的关键词是白及. 除此之外, 出现较多的关键词还有白及多糖、多糖、含量测定、十八反、药理作用、化学成分等, 表明了在中国文献中对白及的研究热点主要在白及的多糖成分、白及的药理作用和化学成分、白及的含量测定^[15]. 从图 2-a 中可以看出近几年主要研究趋势是白及多糖、白及的药理作用和化学成分以及药材的质量控制等方面^[16], 对白及的药理作用研究主要集中在对白及多糖的抗氧化活性的研究, 为今后白及在抗氧化相关疾病中的应用做参考^[17]. 此外, 白及多糖的药辅合一、凝胶特性等在新型伤口敷料的研究中得到突破, 白及的抗胃溃疡和溃疡性结肠炎作用也不容忽视^[18].

英文文献关键词共现图谱图 2-b 可知, 其中出现最多的关键词也是白及. 而图中出现较大的节点包括白及多糖 (*Bletilla striata* polysaccharide)、体外试验 (in vitro)、细胞 (cell)、氧化应激 (oxidative stress) 等, 说明在白及的研究领域主要关注白及多糖在医药领

域的应用潜力, 体外测试药物的安全性和有效性以及白及多糖对氧化应激的显著作用^[19]. “nanoparticles” (纳米颗粒)、“drug-delivery” (药物递送)、“antibacterial” (抗菌) 等, 表明白及在纳米药物载体、癌症治疗药物递送以及抗菌方面有较多研究^[20]. “tubers” (块茎)、“extraction” (提取)、“polysaccharides” (多糖) 等, 说明对白及块茎的提取以及其中多糖成分的研究, 多糖是白及的重要活性成分^[21-22]. 以上信息表明了英文文献中的研究在于探索如何利用白及多糖和纳米技术来开发新型伤口敷料, 也反映了跨学科研究的趋势, 结合了生物化学、材料科学、药学和临床医学等多个领域的知识, 为今后白及能更加便捷和安全地治疗各种疾病做出有益尝试^[23].

通过对中文文献关键词的 CiteSpace 聚类分析发现 (图 3-a), 白及在研究领域中占据了重要地位, 白及多糖在药理作用和活性成分研究方面具有显著的效果. 白及与三七的配伍使用在外伤治疗中发挥协同作用^[24]. 十八反聚类主要研究白及使用时配伍和禁忌, 质量控制包括白及以及白及相关产品的质量标准、含量测定等方面的研究, 这是研究过程中重要的一部分. 从中医药理论角度来看, 白及的药性与功效



a: 中文文献关键词聚类图; b: 英文文献关键词聚类图

图 3 中英文文献关键词聚类图

Fig.3 Keyword clustering diagram of Chinese and English literatures

2.4 关键词时间线分析

利用 CiteSpace 分析软件把检索的中文文献和英文文献进行整理分析,绘制关键词时间线图.由图 4 可知,2010 年前,白及领域的研究集中于白及产地分布、传统炮制以及较为基础的临床应用,例如止血作用、消肿作用等^[31].2010—2015 年,白及多糖的提取成为研究热点,包括提取方法优化、初步纯化、结构表征及生物活性的探索,开始关注药材的质量控制,外观性状、水分含量等指标^[32].2015—2020 年对白及多糖结构与功能进行深入研究,运用更先进的技术来确定白及多糖的结构,更加完整地研究白及多糖的多种生物活性和作用机制^[33],探索白及在胃溃疡治疗、皮肤损伤修复等方面的作用及机制^[34].2020—2025 年开始注重白及相关产品的开发,比如白及多糖的改性研究或其在药物制剂、理化性质、配伍规律等领域的

应用^[15];开始探究白及在组织工程、生物材料等新兴领域的应用研究^[35].

将所纳入关键词结合发表时间和聚类得到白及的英文文献关键词时间线图(图 5).2015 年主要研究白及其多糖的基础性质,包括植物学特性、化学成分初步探索,以及白及多糖的提取和鉴定.自 2019 年起,开始对白及多糖进行深度研究与应用探索.通过先进技术确定其分子量、单糖的组成等,在系统性探究白及多糖在抗氧化(antioxidant)、抗肿瘤(antitumor)等方面的作用机制^[36].由于白及多糖具有促进伤口愈合的功能,近年来重点研究白及多糖在氧化应激(oxidative stress)中的应用,包括对糖尿病伤口愈合过程的影响、对皮肤的保护作用以及对骨关节炎细胞凋亡的治疗等^[19,27,37].

在白及及其多糖的研究领域中,中英文文献的发

展历程表现出一定的共同性与差异性.共同性在于都重视白及和白及多糖的药用价值,关注白及在抗氧化、抗菌等方面的应用,并在药物递送方面有所涉及^[6,20].差异在于,中文文献注重传统医学、质量控

制、化学成分的研究及药物在临床上的应用^[38],英文文献的研究就更关注白及在分子层面的作用机制,如抗癌、免疫调节、氧化应激等^[28-29,39].

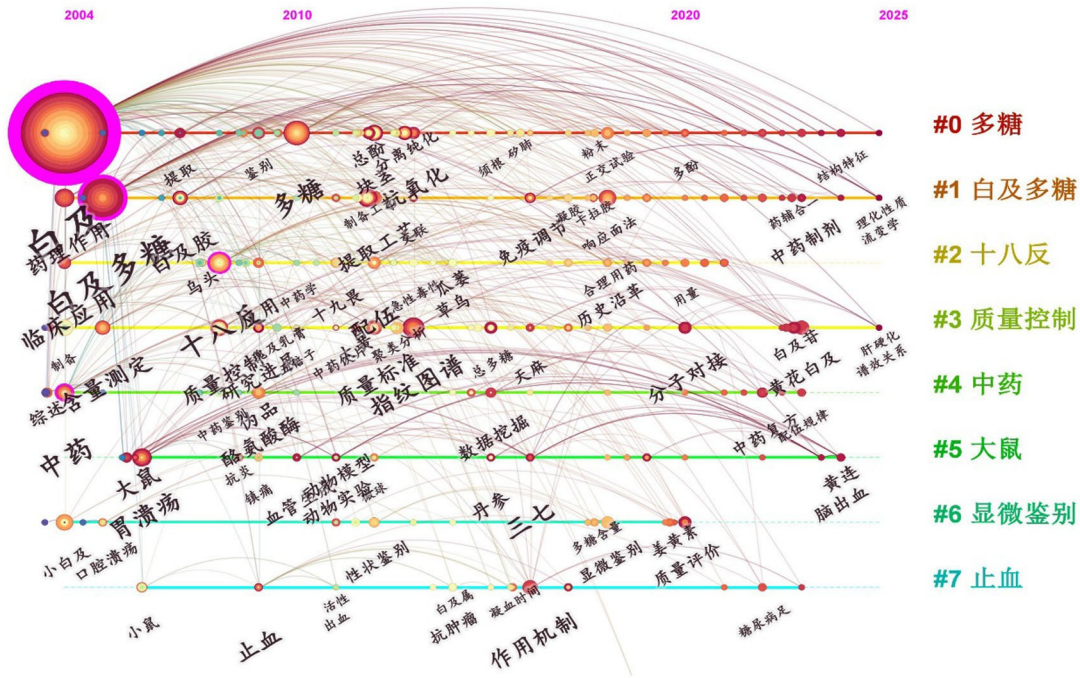


图 4 中文文献关键词时间线图

Fig.4 Timeline chart of keywords in Chinese literatures

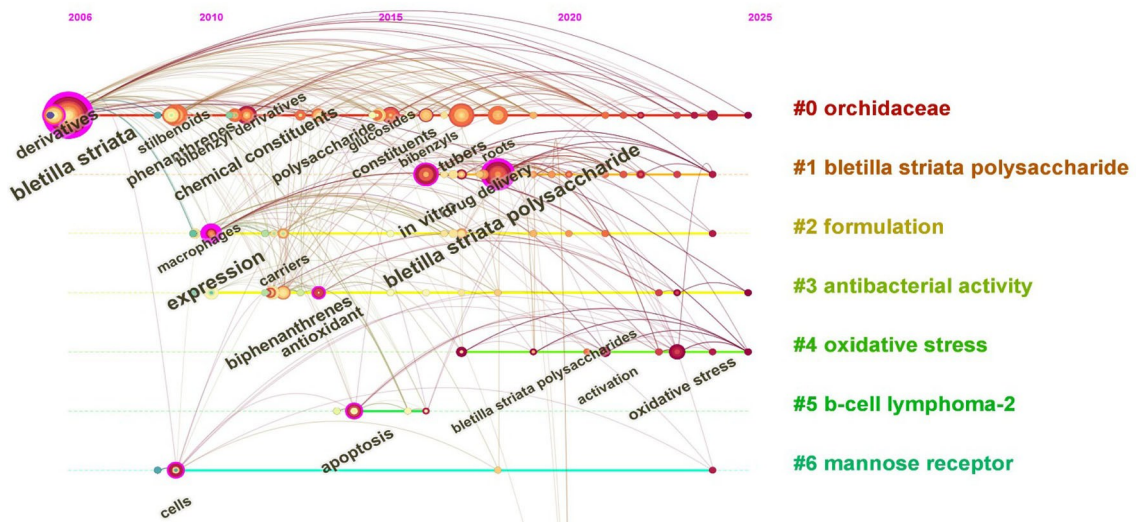


图 5 英文文献关键词时间线图

Fig.5 Timeline chart of keywords in English literatures

2.5 作者共现分析

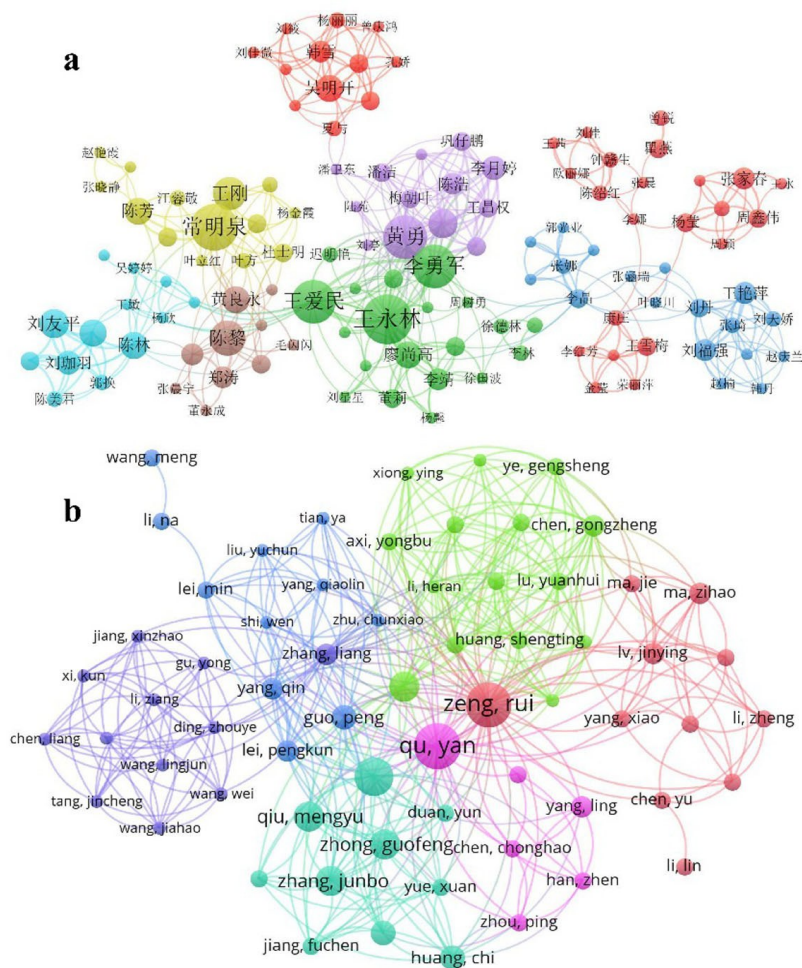
作者关系共现图谱展示了 2004—2024 年间多位作者之间的合作关系网络,有助于识别核心作者、研

究群体和合作网络的结构.由图 6-a 可知,“李勇军”处于图谱的中心位置,与“王爱民”“王永林”“李勇军”等作者有连线,这表明他们之间存在合作关系,这

种紧密的联系可能说明他们在同一研究项目或是在相关研究方向上有共同的工作.而“王永林”作者的节点较大,表明他在白及领域的研究较为权威或影响力较大.但是,各团队之间连线较少,说明今后应该更加注重不同团队之间的合作,使得白及各个领域的研究和发展更加全面和广泛.

图 6-b 可见,英文文献中,处于图中心的作者包括“zeng,rui”“qu,yan”等.该聚类连线较为密集,说明这些作者之间围绕白及开展了较为紧密的合作关系.

“zeng,rui”“qu,yan”等作者的节点较大,表明他们可能是该研究领域的核心作者,且与众多其他作者有合作关系,这些核心作者在知识传播和合作中起到关键作用,并且英文文献的作者和团队间都有较好的合作交流.曾锐教授课题组一直致力于研究白及的各种特性,开发的白及多糖双层微针系统,其通过透皮递送积雪草苷实现无瘢痕创面修复,并获多项专利及产业化合作,为中药现代化提供了“基础研究—技术创新—临床转化”的完整范式^[40-42].



a: 中文文献作者合作图谱; b: 英文文献作者合作图谱

图 6 中英文文献作者合作关系图谱

Fig.6 Author collaboration relationship map of Chinese and English Literatures

3 讨论

白及是一种具有重要药用价值的中药材,在我国人工种植资源丰富,具有良好产业开发价值^[43].白及的化学成分丰富多样,包含了多种类型的化合物,其中白及多糖的研究是近年来的中药研究热点之一^[7].

BSP 具有中药制剂独特的“药辅合一”特性,既具有确切的药效作用,又有助于制剂成型.在药效方面具有抗菌、促黏膜修复、免疫调节等作用.近年来研究则开始关注白及在抗肿瘤、创面修复、肺部疾病干预等临床研究,在促进血小板聚集和加速创面愈合方面也效

果显著^[6]。作为辅料,BSP的辅料特性在新型制剂开发中展现独特优势;通过化学修饰可构建多糖凝胶、止血海绵及膜剂等载药系统,多孔结构的止血海绵可吸附药液并在创面形成物理止血网^[12-13];更具突破性的是其靶向辅料功能,基于甘露糖受体的修饰体系,可将药物精准递送至肿瘤组织,为抗肿瘤制剂提供了新策略^[43]。BSP“药辅合一”的特性不仅简化了制剂工艺,更通过辅料本身的生物活性提升了治疗效能,为中药创新制剂开发提供了新思路^[18]。

4 结论

通过文献计量学方法,探讨了白及2004—2025年的演进脉络。结果显示,2010年后文献发文量趋势良好,说明其价值被研究者发现并重视;2020年后进入平台期,基础研究趋于成熟,开始进行更深入的研究。关键词聚类显示:中文研究着重研究多糖的成分分析和中药的配伍规律;英文文献主要研究白及的抗氧化机制及纳米制剂开发以及白及多糖对创面愈合的作用。

展望未来,应持续深入研究BSP结构修饰与靶向递送体系的技术创新,加强临床应用,中西研究结合,将中医药配伍理论与现代制剂技术结合开创新型药物,在该领域实现技术突破,为新的治疗手段开辟更有效的方法。

参考文献

- [1]王永,熊鹏飞,郑昕,等.白及不同部位金属元素动态分布特征及其对块茎有效成分的影响[J].北方园艺,2024(22):81-87.
- [2]王永,熊鹏飞,胡毅,等.贵州野生白及属药用植物种质资源分布规律及核型研究[J].种子,2024,43(09):94-100.
- [3]任华忠,何毓敏,杨丽.白及化学成分其药理活性研究进展[J].亚太传统医药,2009,5(02):134-140.
- [4]GE Y L,ZHANG B,SONG J B,et al.Discovery of salidroside as a novel non-coding RNA modulator to delay cellular senescence and promote BK-dependent apoptosis in cerebrovascular smooth muscle cells of simulated microgravity rats[J].International Journal of Molecular Sciences,2023,24(19):14531.
- [5]陈霞,樊官伟,蒲翔,等.基于中性粒细胞胞外诱捕网探讨白及修复溃疡性结肠炎大鼠肠黏膜屏障的作用及机制[J].中药新药与临床药理,2024,35(4):453-460.
- [6]汪雪燕,郑琦,王昱博,等.白及多糖药理作用研究进展[J].甘肃医药,2024,43(8):680-683+688.
- [7]左世梅.药用植物白及化学成分和药理作用研究进展[J].中国现代医生,2021,59(04):189-192.
- [8]凌娜,郭春秋,田海燕,等.基于文献计量学的沙棘多糖研究现状与发展动态的可视化分析[J].中草药,2024,55(20):7047-7061.
- [9]郭昊,陈强.2014—2023年科技期刊国际化研究热点和趋势的可视化分析[J].科技传播,2024,16(24):77-83.
- [10]俞林花,聂绪强,潘会君,等.白及多糖对糖尿病溃疡创面愈合的作用研究[J].中国中药杂志,2011,36(11):1487-1491.
- [11]KONG L S,YU L,FENG T,et al.Physicochemical characterization of the polysaccharide from *Bletilla striata*:Effect of drying method[J].Carbohydrate Polymers,2015,125:1-8.
- [12]LIU J,QU M Y,WANG C R,et al.A dual-cross-linked hydrogel patch for promoting diabetic wound healing[J].Small,2022,18(17):2106172.
- [13]WANG C,LUO W F,LI P W,et al.Preparation and evaluation of chitosan/alginate porous microspheres/*Bletilla striata* polysaccharide composite hemostatic sponges[J].Carbohydrate Polymers,2017,174:432-442.
- [14]DI Y T,WANG L,HE W,et al.The utilization of chitosan/*Bletilla striata* hydrogels to elevate anti-adhesion,anti-inflammatory and pro-angiogenesis properties of polypropylene mesh in abdominal wall repair[J].Regenerative Biomaterials,2024,11:044.
- [15]杨玲.新型氧化白及多糖复合益生菌水凝胶的制备、表征及其促伤口愈合作用的研究[D].成都:成都中医药大学,2021.
- [16]宋志蛟,张应斌,杨进伟,等.不同种源小白及年增产量和品质的比较与综合评价[J].中国野生植物资源,2024,43(5):41-45.
- [17]赵文萃,赵庆兰,吴艳云.白及多糖的超声辅助提取工艺及抗氧化活性分析[J].中国实用医药,2024,19(20):177-180.
- [18]耿少辉,刘丽,兰馨怡,等.“药辅合一”特性天然中药凝胶治疗糖尿病创面的研究进展[J].世界中医药,2025,20(01):136-141.
- [19]CHEN H Y,LIN C H,WU Y,et al.Protective effects of degraded *Bletilla striata* polysaccharides against UVB-induced oxidative stress in skin[J].International Journal of Biological Macromolecules,2024,277:134462.
- [20]HU L L,LIAO Z C,HU Q Q,et al.Novel *Bletilla striata* polysaccharide microneedles:Fabrication, characterization, and in vitro transcutaneous drug delivery[J].International Journal of Biological Macromolecules,2018,117:928-936.
- [21]CHEN Z Y,ZHAO Y,ZHANG M K,et al.Structural characterization and antioxidant activity of a new polysaccharide from *Bletilla striata* fibrous roots[J].Carbohydrate Polymers,2020,227:115362.
- [22]WANG Z,LIU X T,WANG J,et al.Effect of flowering stages on the content of active ingredients and antioxidant capability of *Bletilla striata* flowers[J].Chemistry & Biodiversity,2023,20(2):202200773.
- [23]WANG K,LI W,WU J T,et al.Effect of oxidized *Bletilla striata* polysaccharide on fibrin hydrogel formation and its application in wound healing dressing[J].International Journal of Biological Macromolecules,2024,279:135303.

- [24] 吴雨佳,王令充,张雯,等.生物黏附性三七总皂苷-白及多糖-海藻酸钠复合微球的制备及表征[J].中草药,2019,50(20):4896-4903.
- [25] 王未希,杨兴玉,朱炳祺.白及化学成分及应用的研究进展[J].光明中医,2021,36(07):1183-1186.
- [26] JAKFAR S, LIN T C, CHEN Z-Y, et al. A polysaccharide isolated from the herb *Bletilla striata* combined with methylcellulose to form a hydrogel via self-assembly as a wound dressing[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2022, 23(19):12019.
- [27] LI Y L, HAO Y X, YANG X Q, et al. Structure characterization of a *Bletilla striata* homogeneous polysaccharide and its effects on reducing oxidative stress and promoting wound healing in diabetic rats[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2025, 307:141904.
- [28] ZHANG J H, YIN Y X, HU S, et al. Green synthesis of anti-bacterial nano silver by polysaccharide from *Bletilla striata*[J]. Inorganics, 2023, 11(1):40.
- [29] FAN H, LIU X X, ZHANG L J, et al. Intervention effects of QRZSLXF, a Chinese medicinal herb recipe, on the DOR- β -arrestin1-Bcl2 signal transduction pathway in a rat model of ulcerative colitis[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2014, 154(1):88-97.
- [30] CHEN S H, CHOU P Y, CHEN Z Y, et al. An electrospun nerve wrap comprising *Bletilla striata* polysaccharide with dual function for nerve regeneration and scar prevention [J]. Carbohydrate Polymers, 2020, 250:116981.
- [31] 李晶,赵菲菲,李靖,等.白及非多糖成分 militarine 的止血作用及其机制研究[J].天然产物研究与开发,2024,36(12):2024-2030.
- [32] 高笛,罗成,周凯,等.响应面法优化白及多糖提取工艺[J].海峡药学,2024,36(1):30-35.
- [33] 张连杰,袁晓菲,孙庆.白及在创面修复中的作用机制研究[J].中医学报,2023,38(01):71-76.
- [34] 巩子汉,王强,段永强,等.白及多糖对胃溃疡模型大鼠胃组织 TNF- α 、IL-1 β 、IL-6 及 JNK、p38 MAPK 基因蛋白表达水平的影响[J].中药药理与临床,2019,35(4):90-95.
- [35] 韩雪,刘海,张焯珊,等.白及多糖创面敷料及交联方式的研究进展[J].中药材,2024,47(02):519-525.
- [36] ZENG W H, QIAN J, WANG Y, et al. *Bletilla Striata* polysaccharides thermosensitive gel for photothermal treatment of bacterial infection[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2023, 253:127430.
- [37] LAI Y L, LIN Y Y, SADHASIVAM S, et al. Efficacy of *Bletilla striata* polysaccharide on hydrogen peroxide-induced apoptosis of osteoarthritic chondrocytes[J]. Journal of Polymer Research, 2018, 25(2):49.
- [38] 刘金梅,安兰兰,刘刚,等.白及化学成分和药理作用研究进展与质量标志物预测分析[J].中华中医药学刊,2021,39(6):28-37.
- [39] LI Q, LI K, HUANG S S, et al. Optimization of extraction process and antibacterial activity of *Bletilla striata* polysaccharides[J]. Asian Journal of Chemistry, 2014, 26(12):3574-3580.
- [40] LV J Y, MA H Y, YE G S, et al. Bilayer microneedles based on *Bletilla striata* polysaccharide containing asiaticoside effectively promote scarless wound healing[J]. Materials & Design, 2023, 226:111655.
- [41] YANG X, JIA M Q, LI Z, et al. In-situ synthesis silver nanoparticles in chitosan/*Bletilla striata* polysaccharide composited microneedles for infected and susceptible wound healing[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2022, 215:550-559.
- [42] YE G S, JIMO R, LU Y H, et al. Multifunctional natural microneedles based methacrylated *Bletilla striata* polysaccharide for repairing chronic wounds with bacterial infections[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2024, 254:127914.
- [43] 王坤堂,王逸伦,崔元璐,等.白及多糖药理作用及在中药现代制剂领域的研究进展[J].中成药,2023,45(07):2281-2287.

(责任编辑:和力新,殷锋,付强,张阳,肖丽;英文编辑:周序林,郑玉才)