

基于Coocation和VOSviewer可视化知识图谱的恰玛古研究动态和热点分析*

郭君婷¹, 蔡晓翠¹, 赵婷婷¹, 高瑞娟², 刘桂花^{1,3}

(1.新疆维吾尔自治区药物研究院,新疆 乌鲁木齐 830004;

2.中国医学科学院医药生物技术研究所,北京 100050;

3.新疆医科大学药学院,新疆 乌鲁木齐 830004)

[摘要] 目的:了解恰玛古(学名芜菁)研究的现状与发展趋势,把握其研究热点和前沿动态,为恰玛古的科研创新及产业发展提供科学参考和理论依据。方法:检索Web of Science(WOS)核心合集、中国知网(CNKI)、万方数据知识服务平台(Wanfang Data)、维普中文期刊服务平台(CSTJ)及中国生物医学文献服务系统(SinoMed),收集建库至2025年1月7日与恰玛古相关的文献资料。借助Coocation(COOC)14.9软件对数据进行处理和筛选,并运用VOSviewer 1.6.20可视化技术,从文献的国家/省份、机构、作者、关键词、期刊、学科分类及合作网络等多个维度,对恰玛古研究热点、前沿动态等进行梳理与总结。结果:纳入中文文献411篇,英文文献194篇,共605篇文献。恰玛古相关领域发文量在2007年以前呈现上升趋势,之后发文量趋于稳定状态。中国是恰玛古研究的核心国家,新疆医科大学是恰玛古科研的主体机构。中文文献研究主题主要为恰玛古有效成分、生长特性、引种栽培、药效学;英文文献研究主题集中于恰玛古的活性成分及作用机制、代谢途径、基因调控、环境适应性。结论:恰玛古研究已步入一个多元化且稳定的发展阶段,当前热点集中于栽培技术、有效成分、作用机制及基因调控等领域。

[关键词] 恰玛古;芜菁;文献计量学;知识图谱;可视化分析;研究热点

[中图分类号] R291.508 [文献标识码] A [文章编号]

DOI:10.13862/j.cn43-1446/r.20251222.001

Analysis of Research Trends and Hotspots of *Brassica Rapa* L. Based on Coocation and VOSviewer Visual Knowledge Graph

GUO Juntong¹, CAI Xiaocui¹, ZHAO Tingting¹, GAO Ruijuan², LIU Guihua^{1,3}

(1. Xinjiang Uygur Autonomous Region Institute of Materia Medica, Urumqi Xinjiang 830004, China; 2. Institute of Medicinal Biotechnology, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100050, China; 3. College of Pharmacy, Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang 830011, China)

[Abstract] Objective: To investigate the current status and development trends of *Brassica rapa* L. research, identify research hotspots and frontier dynamics, and provide scientific reference and theoretical basis for its scientific innovation and industrial development. Methods: Literature related to *Brassica rapa* L. was retrieved from the Web of Science (WOS) core collection, China national knowledge infrastructure (CNKI), Wanfang Data knowledge service platform, VIP Chinese journal service platform (CSTJ), and SinoMed Database, covering all publications up to January 7, 2025. Data were processed and screened using Coocation (COOC) 14.9 software, and visualized using VOSviewer 1.6.20. Multiple dimensions, including country/province, institution, author, keywords, journal, subject category, and collaboration networks, were analyzed to comprehensively summarize research hotspots and frontier trends in *Brassica rapa* L. studies. Results: A total of 605 articles were included, comprising 411 Chinese publications and 194 English publications. The annual publication volume in this field showed an increasing trend before 2007 and stabilized thereafter. China is the core country in *Brassica rapa* L. research, with Xinjiang Medical University serving as the main institution, providing a solid foundation for the

*基金项目:新疆维吾尔自治区自然科学基金资助项目(2024D01A120);新疆维吾尔自治区自然科学基金资助项目(2023D01B45);新疆维吾尔自治区公益性科研院所基本科研业务经费资助项目(KY2024127);新疆维吾尔自治区重点实验室开放课题项目(2023D04035)

通信作者:刘桂花,女,研究员,研究方向为新疆地产中药、民族药新药研发与利用

development of this field. Chinese literature primarily focuses on active ingredients, growth characteristics, introduction and cultivation, and pharmacodynamics, while English literature emphasizes active components and mechanisms of action, metabolic pathways, gene regulation, and environmental adaptability. Conclusion: Research on *Brassica rapa* L. has entered a stage of diversified and stable development, with current hotspots focusing on cultivation techniques, active components, mechanisms of action, and gene regulation.

[Keywords] Qamgur; *Brassica rapa* L.; bibliometrics; knowledge map; visual analysis; research hotspots

恰玛古,学名芜菁(*Brassica rapa* L.),又名恰麻古、恰玛古儿(尔),是一种两年生十字花科芸薹属的草本植物,具有悠久的种植和食用历史。恰玛古原产于欧洲、中亚和近东地区,在中国的新疆(尤其是天山南部、塔里木盆地西北部的红色沙漠长寿区)、西藏、四川等地也有广泛栽培^[1]。维吾尔医典《大医典》中记载恰玛古具有润肺止咳、清肝明目、填精壮肾、软肠通便、利尿消肿等功效^[2]。恰玛古被广泛应用于治疗多种疾病,具有开胃下气、利湿解毒的功效^[3]。现代研究表明,恰玛古含有多种活性成分,具有抗炎、抗氧化、抗肿瘤、抗衰老等潜力,其中抗肿瘤作用尤为显著^[4-5]。恰玛古根茎和种子中含有大量的硫代葡萄糖苷。这些成分在胃蛋白酶和肠道细菌的作用下可降解为多种活性产物,对肿瘤防治具有积极意义^[6-8]。恰玛古也被誉为“营养明珠”,富含多种对人体有益的成分,包括有机活性碱、钙、铁、锌、钾等矿物质以及19种氨基酸。这些成分有助于增强免疫力、调节人体酸碱平衡^[9-12]。

近年来,恰玛古作为一种重要的药食同源植物,受到了广泛关注^[13-15]。然而,目前关于恰玛古的研究呈现出内容繁杂且分散的特点,缺乏系统的梳理和整合,导致其研究热点与前沿方向不够明确,难以形成清晰的研究脉络和重点方向。科研热点与产业发展重点之间也存在一定的脱节现象,使得研究成果在实际应用中的转化效率较低,难以有效推动恰玛古产业的高质量发展。鉴于此,本研究引入了情报学多源数据融合与可视化分析技术,通过对恰玛古研究领域的文献资料进行全面梳理,探明恰玛古的研究现状,明确研究热点和前沿动态,以期为恰玛古科研创新及恰玛古产业发展提供参考。

1 资料与方法

1.1 数据来源与检索方法 本研究以国内外核心论文数据库收录的恰玛古相关研究文献为基础数据,应用文献计量软件Coocation(COOC),采用主题词检索方式,对各数据库建库至2025年1月7日有关文本数据进行检索与导出。分别以恰玛古、恰麻古、芜菁及蔓菁为中文关键词进行检索,初步检索到582篇中文文献。英文文献来源于Web of Science(WOS)核心合集数据库,检索式为“(*Brassica rapa* L.) OR (Turnip)”,初步检索到236篇英文文献,总计818篇文献作为原始数据。(见表1)

1.2 文献纳入标准与排除标准 (1)纳入标准:有关恰玛古

的基础研究和临床研究的中英文文献。(2)排除标准:①研究主题与恰玛古无关的文献;②文学作品、科普宣传、新闻、会议论文、报纸、报告、成果、专利等;③重复文献;④文献标题、作者、机构、关键词、期刊等关键信息缺失的文献。

1.3 研究方法 将中国知网(CNKI)、万方数据知识服务平台(Wanfang Data)、维普中文期刊服务平台(CSTJ)、中国生物医学文献服务系统(SinoMed)数据库的文献以Refworks格式导出,WOS核心合集文献以纯文本格式;按照文献纳入标准与排除标准,采用COOC软件分别对中文文献、英文文献(使用专业翻译API进行中英互译,并通过回译快速筛查歧义词条,形成待审核清单)进行提取、去重及合并等标准化处理,删除无效的文献,经筛选后纳入中文文献411篇,英文文献194篇,共605篇文献。流程见图1。构建共现矩阵、聚类分析,并生成多种可视化图谱,如关键词逐年变化图、主题演化路径图等。

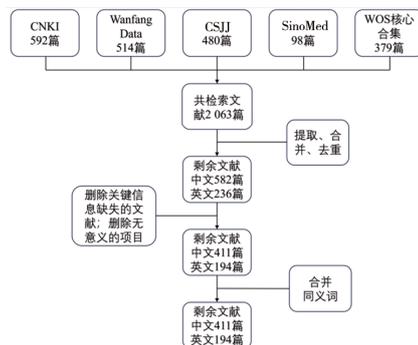


图1 文献数据预处理过程

1.4 数据可视化 采用COOC 14.9软件统计纳入的411篇中文文献和194篇英文文献的发文量、发文地域、学科方向、期刊、关键词等信息,设置截取单元参数:年份为1,国家/机构/作者/学科分类为10,提取单元频数 ≥ 1 ,分析其研究频数,计算获取共现矩阵数据,初步了解研究现状、发展趋势及相互之间网络关系;采用VOSviewer 1.6.20软件构建恰玛古科研知识可视化图谱,分析其不同时段、地域的研究热点与动态趋势。

2 结果

2.1 英文文献科研产出结果分析

2.1.1 高产国家、机构、作者及学科类别 2005—2024年恰

表1 恰玛古研究的数据来源

检索设定项目	英文文献	中文文献
数据库	Web of Sciences(WOS)核心合集	中国知网(CNKI)、万方数据知识服务平台(Wanfang Data)、维普中文期刊服务平台(CSTJ)、中国生物医学文献服务系统(SinoMed)
主题检索词	" <i>Brassica rapa</i> L."OR"Turnip"	"恰玛古"OR"恰麻古"OR"芜菁"OR"蔓菁"
文献类型	期刊论文	期刊论文
时间跨度	建库至2025年1月7日	建库至2025年1月7日

玛古的研究热度持续升高,共有194篇恰玛古研究的英文文献被发表,发文量排名前5的国家分别是中国、美国、日本、印度、韩国。其中中国的发文量最高,并且呈现逐年增长的趋势;其他国家如美国、日本、印度等也有一定的发文量,但数量相对较少(见图2)。恰玛古研究领域的年度发文量排名靠前的研究机构分别为Jiangnan Univ(江南大学)、Shinshu Univ(信州大学)、Univ Punjab(旁遮普大学)、Gansu Agr Univ(甘肃农业大学)、Agr & Agri Food Canada(加拿大农业与农业食品部)、Chinese Acad Sci(中国科学院)、King Saud Univ(沙特国王大学)等。其中江南大学的发文量最高,并且呈现逐年增长的趋势;其他机构如中国科学院、沙特国王大学等也有一定的发文量,但数量相对较少(见图3)。年度发文量排名前10的作者分别为LI Jinyao、HE Qian、SACHI Tanaka、GUO Yahui、CHENG Yuliang、SHAKIL Ahmed、ZHU Hongkang、ZHANG Yihui、SUN Wancang、FUKA Takahashi等。其中LI Jinyao的发文量最高,且呈现逐年增长的趋势;其他作者如HE Qian、SACHI Tanaka等也有一定的发文量,但数量相对较少(见图4)。英文文献研究中关于恰玛古主题的文献涉及10个主要类别,包括Plant Sciences、Agronomy、Food Science & Technology、Biochemistry & Molecular Biology、Horticulture、Environmental Sciences、Chemistry Applied、Chemistry Medicinal、Biotechnology & Applied Microbiology、Chemistry Multidisciplinary(见图5)

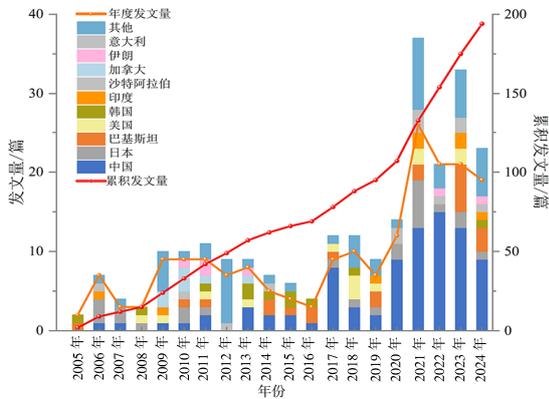


图2 英文文献高产国家年度发文量

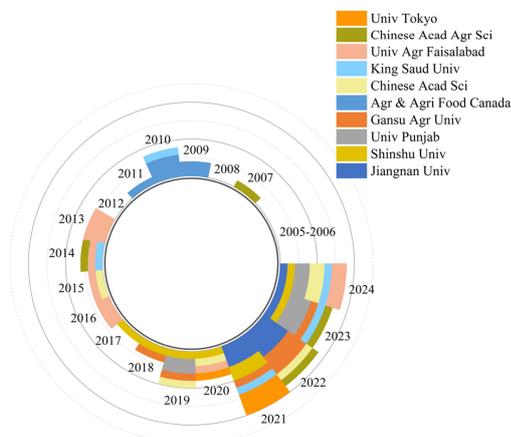


图3 英文文献高产机构年度发文量

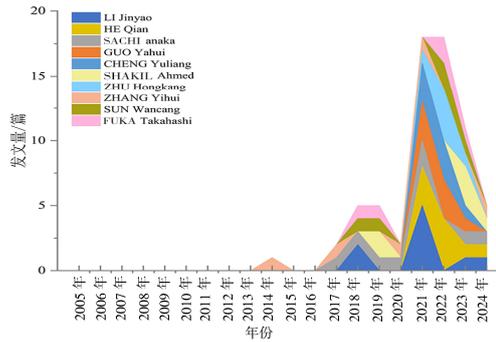


图4 英文文献高产作者年度发文量

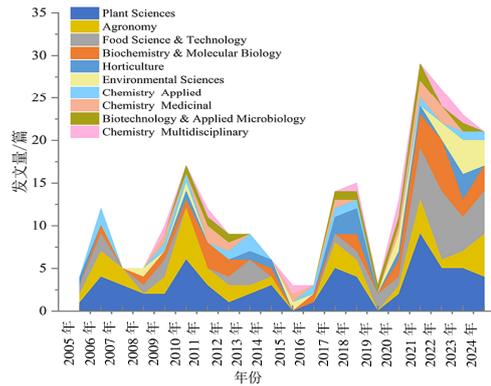


图5 英文文献高频学科类别年度发文量

2.1.2 恰玛古研究的发展阶段 2005年以来恰玛古备受关注,得到了广泛的研究。相关研究的发文量呈稳步增长的演变过程,该领域的整个发展过程大致分为以下3个阶段。

(1)初级增长阶段:发表论文总数从2005年的2篇增加到2016年的69篇,年均发表约7篇。在这一阶段,研究人员主要分析恰玛古的主要成分和初步药理作用,如利用高效液相色谱(HPLC)技术分析了恰玛古中的多糖、黄酮类等活性成分^[16]。同时研究者对恰玛古的抗炎、抗氧化、降血糖等作用进行了初步探讨^[17-20]。

(2)快速发展阶段:这一阶段的年发文量显著增加。2020年,论文发表量首次突破100篇。此后,恰玛古领域的研究内容更加丰富,恰玛古有效成分的药理学、抗肿瘤作用、细胞层面的作用研究均快速增长。HASSANZADEH-TAHERI M^[21]等研究表明,恰玛古水提取物可以显著降低糖尿病大鼠血糖水平;研究表明恰玛古具有抗肿瘤的效果^[22];EL-MAKAWYA I等^[23]研究表明,恰玛古油具有很强的抗自由基潜力,能升高骨质疏松大鼠的钙、磷、骨碱性磷酸酶和维生素D水平;SHABESTARIAN H等^[24]研究表明,恰玛古提取物可通过上调P53/TNF- α 和Cas-3基因表达,分别诱导MCF7癌细胞的早期程序性坏死和晚期凋亡来抑制肿瘤细胞的增殖;恰玛古可结合转录激活因子NTL1,靶向活性氧产生和细胞程序性死亡的基因,从而对叶片衰老起到积极的调控作用^[25]。

(3)全面发展阶段:这一阶段恰玛古相关研究继续深入推进。2022年恰玛古主要活性成分在治疗炎症性疾病方面有了更深入的研究,且恰玛古有效成分在保护神经、抗肝癌、抗氧化、抑制肥胖和抗疲劳方面的研究有较大的进展。如KONG H R等^[26]研究了恰玛古多糖与顺铂联合治疗对肝癌小鼠模型

肿瘤生长的影响。结果表明,恰玛古多糖可通过保持更有效的肠道微环境稳态来增强顺铂化疗的效果;恰玛古多糖和顺铂的组合能增强抗肝癌作用,改善肠道微生物群和代谢紊乱。ZHU H K等^[27]研究表明,恰玛古可参与疲劳小鼠的亚油酸代谢、酮体的产生和降解、牛磺酸和低牛磺酸代谢,这些代谢与能量代谢和免疫调节的调节密切相关。恰玛古有可能成为一种功能性食品或替代疗法,用于缓解免疫力低下人群的疲劳。ZHU J J等^[28]研究表明,恰玛古多糖能提高黄羽鹌鹑的生长性能、血清免疫球蛋白水平和抗氧化功能,改善肠道微生物群。TANAKA Y等^[29]研究表明,恰玛古的抗肥胖作用机制为与胆固醇和脂肪结合,促进胆汁酸排泄和调节肠道微生物群。这也表明恰玛古可能是一种功能性蔬菜,针对肥胖症具有潜在用途。WANG C等^[30]研究发现恰玛古可通过抑制脂多糖(LPS)感染和抑制核因子 κ B(nuclear factor κ B, NF- κ B)通路的激活来缓解炎症。同时恰玛古还能保持肠道完整性,控制革兰氏阴性细菌的生长。这些发现强调了恰玛古在控制长时间运动引起的疲劳方面的潜力。

2.2 中文文献科研产出结果分析

2.2.1 高产地区、机构、作者及学科类别

1981—2024年恰玛古研究领域的中文文献发文量累计达到411篇。1981—2024年,中国恰玛古研究领域的中文文献发文量排名前10的地区分别为新疆、浙江、北京、四川、青海、黑龙江、西藏、云南、河南、上海,其中新疆、浙江等地区的发文量较高(见图6)。中文文献发文量排名前10的机构为新疆医科大学、新疆农业大学、塔里木大学、浙江大学、青海大学、成都中医药大学、温州师范学院、中国科学院大学、石河子大学、东北林业大学。其中新疆医科大学的发文量中最高,并且有逐年增长的趋势(见图7)。发文量排名靠前的作者顺序依次为海力茜·陶尔大洪、轩正英、高杰、古娜娜·对山别克、贾凯、张涛、钱晓薇、任延靖、张英、安熙强。其中海力茜·陶尔大洪的发文量最高,并且呈现逐年稳定发展趋势(见图8)。发表中文文献的学术期刊主要涉及以下10个学科类别,包括园艺、中药学、轻工业手工业、中医学、有机化工、化学、生物学、肿瘤学、农作物、生物化学与分子生物学。(见图9)

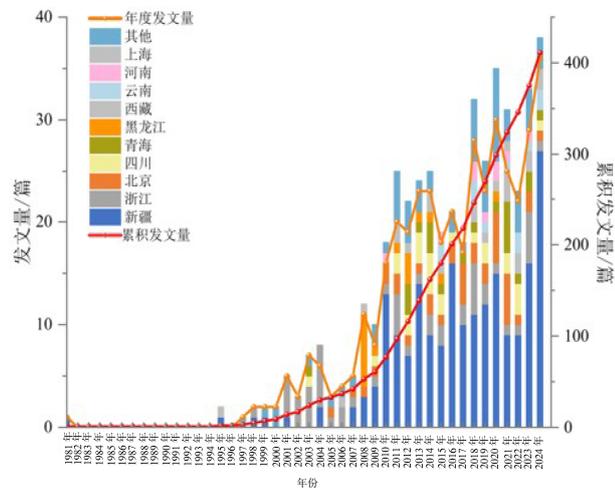


图6 中文文献高产地区年度发文量

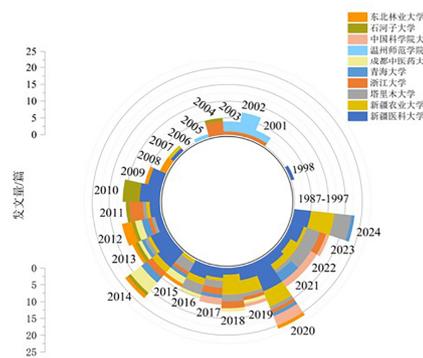


图7 中文文献高产机构年度发文量

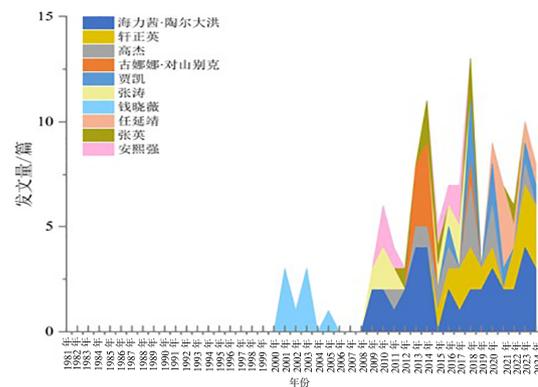


图8 中文文献高产作者年度发文量

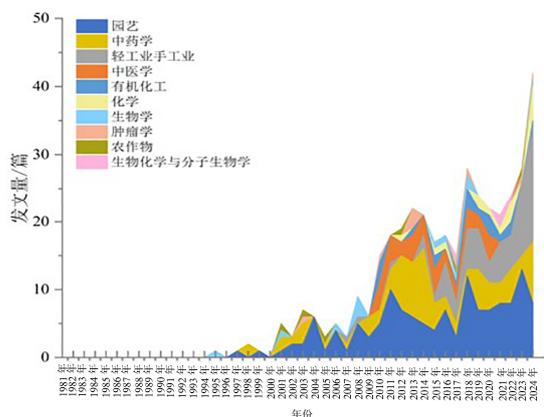


图9 中文文献高频学科类别年度发文量

2.2.2 恰玛古研究的发展阶段 (1)研究萌芽阶段:恰玛古可作为维吾尔族传统的药食两用植物。1981—1996年,恰玛古的研究主要集中在其营养基因型差异^[31]、品种生态性鉴定^[32]、性状遗传和药理作用等方面。

(2)缓慢发展阶段:1997—2006年,恰玛古的研究内容主要集中于探讨其化学成分及生物活性。研究者通过不同的方法对恰玛古中的化学成分进行分离和鉴定,特别是多糖类、黄酮类、硫代葡萄糖苷类等。这些化合物具有抗炎、抗肿瘤、抗氧化、降血糖、调节免疫功能等多种生物活性。此外,恰玛古的食用与药用研究也得到了关注。

(3)快速发展阶段:2007—2024年,恰玛古功能性成分的研究取得了新突破,其在降血糖、增强免疫、抗辐射、抗癌、抗菌等方面的潜在价值被进一步研究和验证^[33-34]。江西中医药大学、新疆大学、石河子大学、新疆维吾尔自治区农业科学院

等机构组成的课题组在“恰玛古功能性成分高效提取与新产品研制技术研究与应用”项目中取得了丰硕的成果。新疆大学李金耀教授团队从恰玛古中筛选获得抗肿瘤单体化合物15种,免疫增强组分1种,并发表了4篇相关论文。石河子大学王斌教授团队精准评价了恰玛古黄酮类物质的功能活性,并开发了恰玛古系列特殊食品。江西中医药大学叶耀辉教授团队开展了恰玛古茶多糖提取技术及恰玛古茶制备工艺的研究,优化了配方组成,并进行了恰玛古的肺气虚药效研究。同时,新疆艾力努尔农业科技开发有限公司与新疆农科院园艺所等单位合作,成功实现了高产、高品质的恰玛古生产标准化种植示范基地建设。

2.3 发文期刊 载文量前10的期刊情况见图10。截至2024年,刊载英文文献的期刊共124种,其中发文量排名前10的期刊分别为Frontiers In Plant Science、Canadian Journal of Plant Science、Food & Function、Agronomy-Basel、Foods、Journal Of

Agricultural And Food Chemistry、Scientific Reports、Alleopathy Journal、Sustainability、Euphytica等。Canadian Journal of Plant Science在2012年发文量达到高峰,而Frontiers In Plant Science在2021年和2023年发文量较高。中文文献发文量排名前10的杂志包括《食品工业科技》《食品安全质量检测学报》《分子植物育种》《新疆农业科学》《食品与发酵工业》《新疆医科大学学报》《园艺学报》《天然产物研究与开发》《北方园艺》《西北药学杂志》等。不同期刊的发文量在不同年份有显著差异,如《食品工业科技》在2018年发文量达到高峰,而《食品安全质量检测学报》在2021年发文量较高。整体来看,无论是英文期刊还是中文期刊,近年来恰玛古研究领域的发文量总体呈现上升趋势,表明该领域的研究热度在不断增加。不同期刊在不同年份的发文量差异较大,这可能与各期刊的出版周期、研究方向的热点变化等因素有关。

2.4 高被引论文 高被引论文是学术界公认的具有较高影

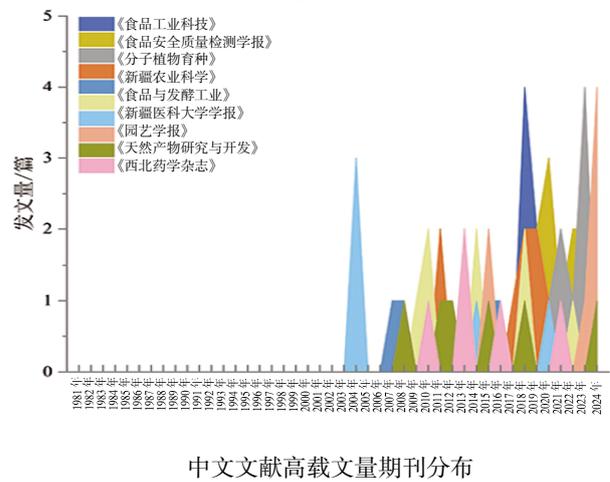
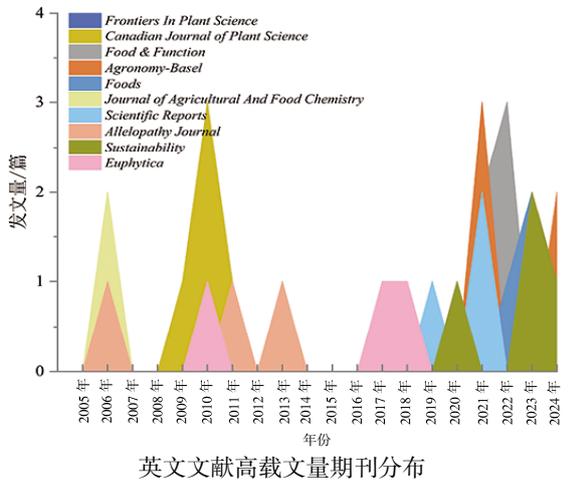


图 10 高产期刊发文量

表 2 被引频次排名前 10 的英文文献统计

序号	文献名称	期刊	年份	被引频次
1	The influence of various biochars on the bioaccessibility and bioaccumulation of PAHs and potentially toxic elements to turnips (<i>Brassica rapa</i> L.)	<i>Journal of Hazardous Materials</i>	2015年	214
2	Antifungal activity of silver nanoparticles synthesized using turnip leaf extract (<i>Brassica rapa</i> L.) against wood rotting pathogens	<i>European Journal of Plant Pathology</i>	2014年	115
3	Seasonal Effects on Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Six Economically Important Brassica Vegetables	<i>Molecules</i>	2011年	114
4	Morphology, Carbohydrate Composition and Vernalization Response in a Genetically Diverse Collection of Asian and European Turnips (<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>rapa</i>)	<i>Plos One</i>	2014年	94
5	Salt-Induced Regulation of Some Key Antioxidant Enzymes and Physio-Biochemical Phenomena in Five Diverse Cultivars of Turnip (<i>Brassica rapa</i> L.)	<i>Journal of Agronomy And Crop Science</i>	2010年	77
6	Efficient regeneration and antioxidative enzyme activities in <i>Brassica rapa</i> var. turnip	<i>Plant Cell Tissue And Organ Culture</i>	2011年	71
7	Identification of cold stress responsive microRNAs in two winter turnip rape (<i>Brassica rapa</i> L.) by high throughput sequencing	<i>Bmc Plant Biology</i>	2018年	66
8	Optimization of extraction, characterization and antioxidant activity of polysaccharides from <i>Brassica rapa</i> L.	<i>International Journal of Biological Macromolecules</i>	2016年	66
9	Phytochemical and Health-Beneficial Progress of Turnip (<i>Brassica rapa</i>)	<i>Journal of Food Science</i>	2019年	64
10	Structural Characterization and Immunostimulatory Activity of Polysaccharides from <i>Brassica rapa</i> L.	<i>Journal of Agricultural And Food Chemistry</i>	2017年	58

表3 被引频次排名前10的中文文献统计

序号	文献名称	期刊	年份	被引频次
1	白菜几个重要园艺性状的QTLs分析	《中国农业科学》	2002年	121
2	3,5-二硝基水杨酸法测定蔓菁中还原糖和总糖含量	《中国药业》	2020年	113
3	白菜和芜菁杂种小孢子培养研究	《浙江大学学报(农业与生命科学版)》	2001年	71
4	新疆芜菁抗衰老作用的实验研究	《新疆医学院学报》	1998年	58
5	白菜和芜菁Ogura型雄性不育系与保持系的获得及其细胞学观察	《园艺学报》	2004年	50
6	恰玛古蜜膏对小鼠免疫功能的影响	《中国医药导报》	2010年	49
7	芜菁化学成分及生物活性的研究进展	《时珍国医国药》	2013年	47
8	芜菁多糖的分离纯化、化学结构及其抗疲劳动物试验研究	《中国食品学报》	2018年	45
9	新疆芜菁不同品种营养成分分析与比较	《食品工业科技》	2016年	43
10	西藏芜菁营养成分测定及提高缺氧耐受性的动物实验研究	《食品工业科技》	2012年	41

响力的高水平研究成果,可反映该领域的研究热点和前沿,对于学术研究和知识传播具有重要影响。被引频次排名前10的英文文献、中文文献见表2、表3。自建库以来至2024年,10篇英文文献被引频次超过50次,其中3篇被引频次超过100次;10篇中文文献被引频次超过40次,其中5篇被引频次超过50次。2010—2019年恰玛古的科研热度不断提升,发表的高质量论文量较多。

2.5 共现与合作分析

2.5.1 全球及国内合作分析 利用VOSviewer软件生成的合作网络图谱,分别展示了英文文献、中文文献的地域合作关系。图11显示,全球主要共有17个国家的研究者参与了恰玛古的研究。多个国家的研究者之间的合作关系主要聚焦在与中国(图中标注为“Peoples R China”)研究者的合作。中国的研究者占据研究恰玛古研究中心位置,显示了其在国际合作中的主导地位。中国的研究者与印度、日本、美国、巴基斯坦等国家的研究者有较为频繁的合作关系;沙特阿拉伯、孟加拉国、埃及等国家的研究者也与中国的研究者有一定的合作关系,但相对较少。图12展示了中国不同地区的研究者之间的合作关系。新疆在图中占据中心位置,显示了其在全国范围内合作中的主导地位,北京、浙江、江苏等地区也显示出较高的合作频率。在英文文献方面,中国是合作网络的中心。在中文文献方面,新疆是合作网络的中心,与多个地区有合作关系。

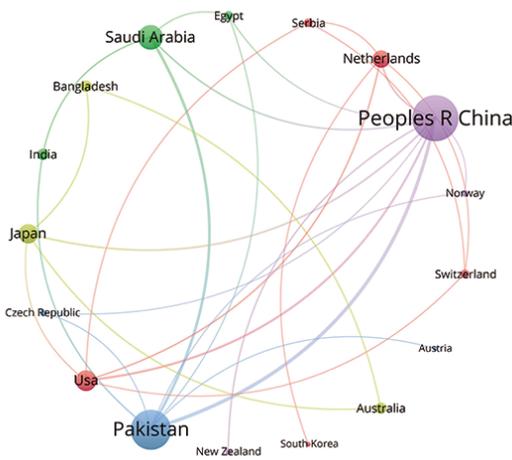


图11 英文文献合作网络 (频数 ≥ 3)

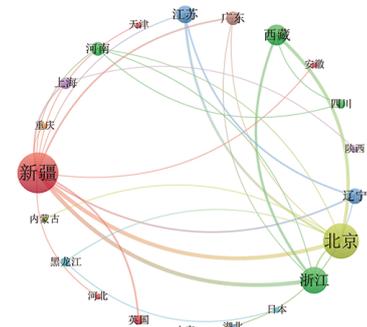


图12 中文文献内合作网络 (频数 ≥ 2)

2.5.2 机构合作分析 使用VOSviewer软件生成机构合作网络图谱,展示恰玛古研究领域内不同研究机构之间的合作关系,有助于了解该研究领域的合作格局,同时也能反映该领域内研究机构的合作模式和研究重点。(1)国际间机构协作分析:图13显示Gansu Agr Univ(甘肃农业大学)、Univ Punjab(旁遮普大学)的贡献度最高。此外,King Saud Univ(沙特国王大学)、Univ Tokyo(东京大学)在国际研究机构中占据较为中心的位置。上述机构在国际合作中的活跃程度。其他机构如中国农业科学院(Chinese Acad Agr Sci)、Univ Agr Faisalabad(费萨拉巴德农业大学)也显示了一定的合作活跃度。(2)中国机构间协作分析:图14显示新疆医科大学在恰玛古的研究机构中占据中心位置,显示了其在合作中的主导地位。新疆医科大学与浙江大学、石河子大学、南京农业大学等机构也显示出较高的合作频率。图中还显示了一些地方政府机构和企业的参与,如新和县排先拜巴扎乡人民政府、新疆农业科学院等,表明了产学研合作的广泛性。

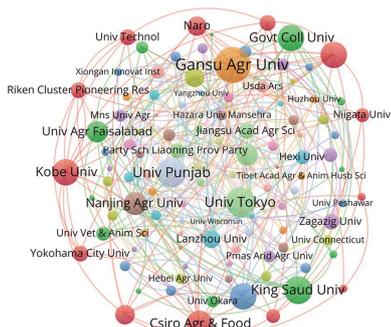


图13 国际研究机构合作网络

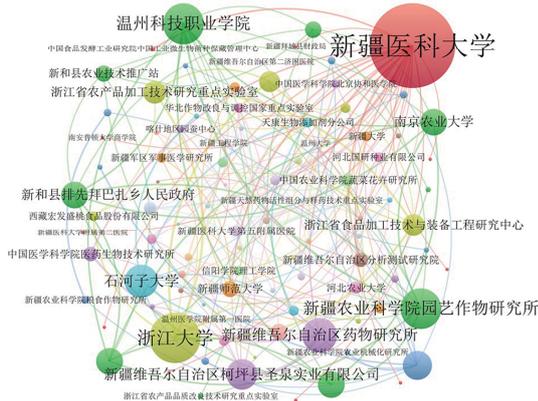
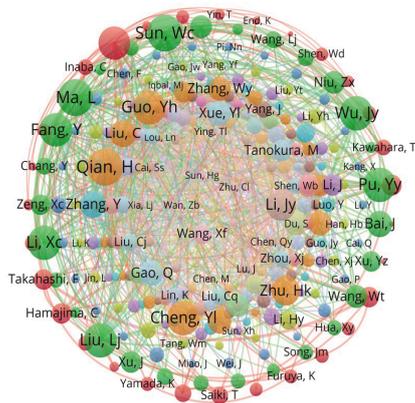
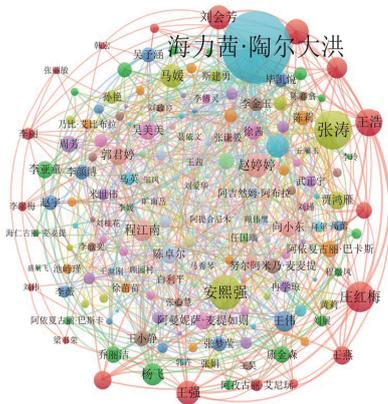


图 14 中国研究机构合作网络

2.5.3 作者合作分析 恰玛古研究领域英文文献、中文文献作者之间的合作关系见图15。(1)英文文献作者协作分析:LI Jinyao、HE Qian等作者为核心,且占据较为中心的位置;SACHI Tanaka、GUO Yahui、CHENG Yuliang等作者为辅,共同展开并推动了恰玛古的研究。(2)中文文献作者协作分析:中文文献相关研究人员接近1 000人,其中海力茜·陶尔大洪在合作网络中占据中心位置,表明其在合作网络中起到了核心作用。高杰、古娜娜·对山别克、贾凯等也显示出一定的合作活跃度。



英文文献



中文文献

图 15 作者合作网络

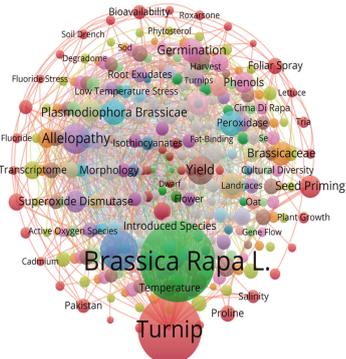
2.6 研究热点分析

2.6.1 高频关键词共现聚类分析 关键词共现分析能够揭示恰玛古研究领域中的高频关键词及其相互关联,从而洞察

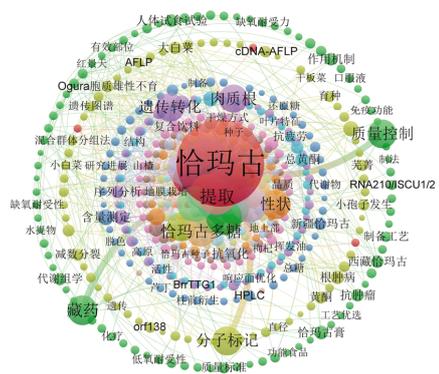
当前的研究热点。进一步的中介中心性分析则可揭示研究热点之间的突变或转化关系。图16展示了基于不同研究主题的恰玛古关键词共现网络分析,该分析有助于明确恰玛古在各研究领域中的重点及其演变趋势,为后续研究提供参考依据。

英文文献主要聚焦于*Brassica rapa*L. (芜菁)和Turnip (芜菁的别称)的相关研究。其中,“Germination”(萌发)、“Yield”(产量)、“Polysaccharides”(多糖)和“Plant Growth”(植物生长)等关键词,反映了该领域的核心研究热点。此外,关键词“Genetic Diversity”(基因多样性)、“Active Oxygen Species”(活性氧物种)和“Drought Stress”(干旱胁迫)等关键词,揭示了恰玛古在环境适应性与抗逆性方面的研究进展;而“Bioavailability”(生物利用率)、“Phenols”(酚类)和“Peroxidase”(过氧化物酶)等关键词则体现了恰玛古在生物活性成分及抗氧化特性方面的研究价值。

中文文献重点关注恰玛古(芜菁)的相关研究。“恰玛古多糖”“肉质根”“遗传转化”和“品质”等高频关键词反映了该领域的研究热点。此外,“缺氧耐受性”“抗疲劳”和“免疫功能”等关键词突出了恰玛古在药用价值和保健功能方面的研究;而“分子标记”“HPLC”和“质量控制”等关键词则体现了恰玛古成分分析与质量评价方面的研究进展。



英文文献关键词共现聚类图谱



中文文献关键词共现聚类图谱

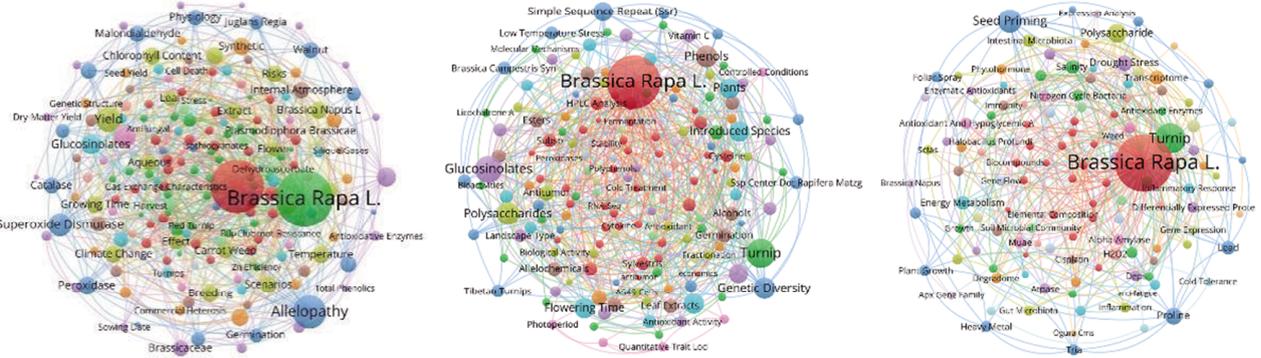
图 16 关键词共现聚类图谱

2.6.2 时间视角下的恰玛古研究热点演变分析

2.6.2.1 英文文献研究热点的演变历程 英文文献数据按时间段划分生成了3组关键词共现图谱,清晰地反映了英文文献研究的3个发展阶段及其演变历程(见图17)。(1)初级增长阶段:2005—2016年期间,恰玛古的研究主要集中在生理特

性、遗传结构和抗氧化性能等方面。该阶段的高频关键词包括“Glucosinolates”(硫代葡萄糖苷)、“Allelopathy”(化感作用)、“Germination”(萌发)和“Yield”(产量),反映了当时的研究热点。此外,“Superoxide Dismutase”(超氧化物歧化酶)、“Catalase”(过氧化氢酶)和“Gas Exchange Characteristics”(气体交换特性)等关键词则揭示了恰玛古在抗氧化机制和环境适应性方面的研究进展。同时,“Genetic Structure”(遗传结构)、“Zn Efficiency”(锌效率)和“Breeding”(育种)等关键词表明,该阶段的研究还关注了恰玛古的遗传改良和育种价值。(2)快速发展阶段:2017—2021年期间,研究聚焦于恰玛古的分子机制和环境适应性。热点关键词包括“*Brassica Rapa* L.: Plants”(芜菁植物)、“Glucosinolates”(硫代葡萄糖苷)和“Low Temperature Stress”(低温胁迫),反映了该阶段的核心研究方向。此外,“Simple Sequence Repeat (SSR)”(简单序列重复)、“Genetic Diversity”(遗传多样性)和“Molecular Mechanisms”(分子机制)等关键词进一步揭示了分子生物学和遗传多样性方面的深入研究。同时,“Polysaccharides”(多糖)、“Antioxidant Activity”(抗氧化活性)和“Quantitative Trait Loci”(数量性状位点)等关键词则体现了恰玛古在生物活性成分、抗氧化特性和遗传标记方面的研究价值。(3)全面发展阶段:2022—2024年期间,研究聚焦于恰玛古的生理特性和生态适应性。热点关键词包括“Seed Priming”(种子引发)和“Gene Expression”(基因表达)。这些关键词反映了该阶段对恰玛古基础生理过程和基因调控机制的深入研究。此外,“Antioxidant and

Hypoglycemia”(抗氧化和降血糖)、“Energy Metabolism”(能量代谢)和“Intestinal Microbiota”(肠道微生物群)等关键词揭示了恰玛古在生理功能、代谢途径及与健康相关领域的研究进展。同时,“Cold Tolerance”(耐寒性)、“Drought Stress”(干旱胁迫)和“*Halobacillus Profundi*”(耐盐菌)等关键词则表明了恰玛古在生态适应性、抗逆性及微生物互作方面的研究价值。
2.6.2.2 中文文献研究热点的演变历程 中文文献数据按时间段划分生成了3组关键词共现图谱,可反映中文文献研究的3个发展阶段及其演变历程(见图18)。(1)萌芽阶段:1981—1996年期间,恰玛古的研究处于起步阶段,热点关键词包括“恰玛古”“电泳”“食用”等。这一阶段的研究主要集中在生物技术、环境适应性等领域。此外研究可能还涉及恰玛古的遗传特性及生物活性成分的初步探索。(2)缓慢发展阶段:1997—2006年期间,恰玛古的研究逐渐聚焦于遗传与生理领域。热点关键词包括“白菜”“恰玛古”“恰玛古块根汁”“野生生长”等,反映了该阶段的研究重点。此外,“混合群体分组法”“减数分裂”“生理生化”等关键词表明,研究者在遗传多样性、生殖过程和生理特性方面进行了深入探讨。同时,“基因克隆”“*Ogura*胞质雄性不育”等关键词也显示了对特定基因和遗传性状的研究兴趣。(3)快速发展阶段:2007—2024年期间,恰玛古的研究进入快速发展阶段。研究者重点关注其生理与生态特性,尤其是极端环境下的适应性机制。“恰玛古”“多糖”“硫代葡萄糖苷”“抗氧化性”等热点关键词反映了该阶段的核心研究热点。此外,“免疫调节”“缺氧耐受性”“抗疲

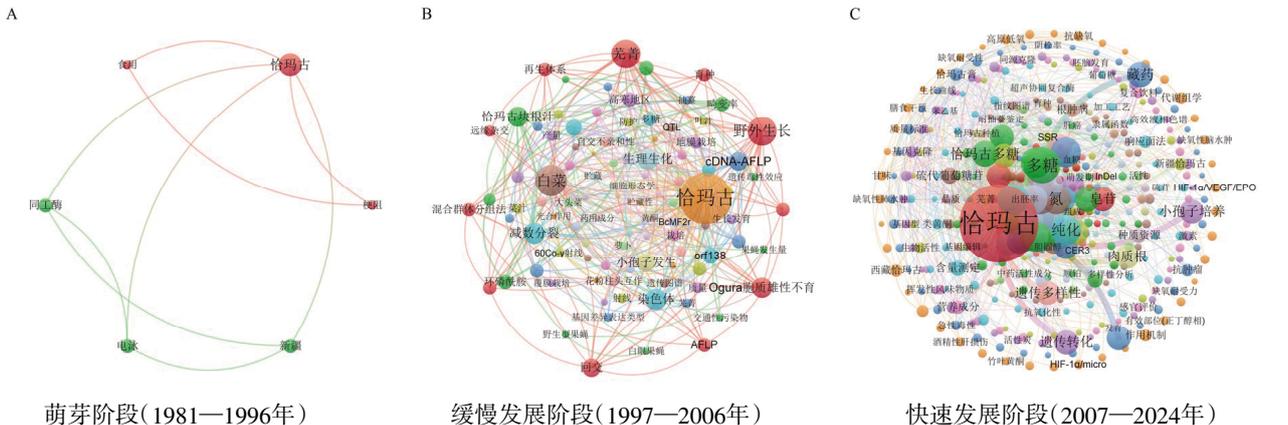


初级增长阶段(2005—2016年)

快速发展阶段(2017—2021年)

全面发展阶段(2022—2024年)

图 17 时间视角下英文文献研究热点分析图



萌芽阶段(1981—1996年)

缓慢发展阶段(1997—2006年)

快速发展阶段(2007—2024年)

图 18 时间视角下中文文献研究热点分析图

劳”等关键词揭示了分子生理学和适应性机制方面的深入研究。“新疆恰玛古”“肉质根”等关键词则表明,研究者对特定地区恰玛古的独特性状和价值也表现出浓厚兴趣。

2.6.3 地域视角下的恰玛古研究热点差异分析 (1)英文文献研究热点的地域分布特征:从地理空间的角度分析不同国家和地区在恰玛古研究领域的关注重点与发展方向,有助于为国际科研合作提供有价值的参考。英文文献发文量排名前10的国家包括中国、日本、巴基斯坦、美国、韩国、印度、沙特阿拉伯、加拿大、伊朗和意大利。进一步借助VOSviewer工具,分别为这些国家构建关键词共现聚类图谱,以直观呈现各国在恰玛古研究中的独特热点和趋势。图中每个节点代表一个关键词,节点的大小通常表示该关键词在文献中出现的频率,节点之间的连线表示关键词之间的共现关系,连线越多表示共现关系越强。图19显示,以“*Brassica Rapa* L.”和“Turnip”为核心关键词,能够直观呈现恰玛古研究中的关注度和热点领域。同时,恰玛古的研究具有全球性特征,不同国家和地区均在该领域形成了各自的研究重点和贡献。其中,“Germination”(萌发)、“Glucosinolates”(硫代葡萄糖苷)和“Allelopathy”(化感作用)等较大的节点为当前研究的重点方向。“Drought Stress”(干旱胁迫)、“Bioavailability”(生物利用率)和“Gene

Expression”(基因表达)等关键词,进一步凸显了恰玛古在环境适应性、营养成分和基因调控等领域的研究热点。“In Vitro Methods”(体外方法)、“Seed Priming”(种子引发)和“Animal Manure”(动物粪便)等关键词,揭示了研究中常用的方法和应用场景。“*Plasmodiophora Brassicae*”(十字花科)、“Reactive Oxygen”(活性氧)和“Cell Cycle Arrest”(细胞周期阻滞)等关键词,展现了恰玛古研究与其他学科(如植物病理学、细胞生物学)的交叉融合。这种跨学科研究有助于深入探索恰玛古的生物学特性及其在多领域的应用前景。分析这些信息,可以为未来研究方向提供科学依据,并推动恰玛古在医药、保健和农业等领域的进一步应用与发展。

(2)中文文献研究热点的地域分布特征:梳理中国各地区在恰玛古研究领域的关注重点与优势,有助于促进区域间的优势互补,推动跨区域和机构间的深度合作研究。中文文献发文量排名前10的地区分别为新疆、浙江、北京、四川、青海、黑龙江、西藏、云南、河南和上海。进一步借助VOSviewer工具,分别为这些地区构建文献关键词共现聚类图谱。图20显示,中国不同地区关于“恰玛古”研究的关键词共现网络图谱揭示了当前研究的核心主题和热点领域。其中,“FOLFIRI”“Ogura”“纯化”等较大的节点是研究中的关键主题。此外,“抗

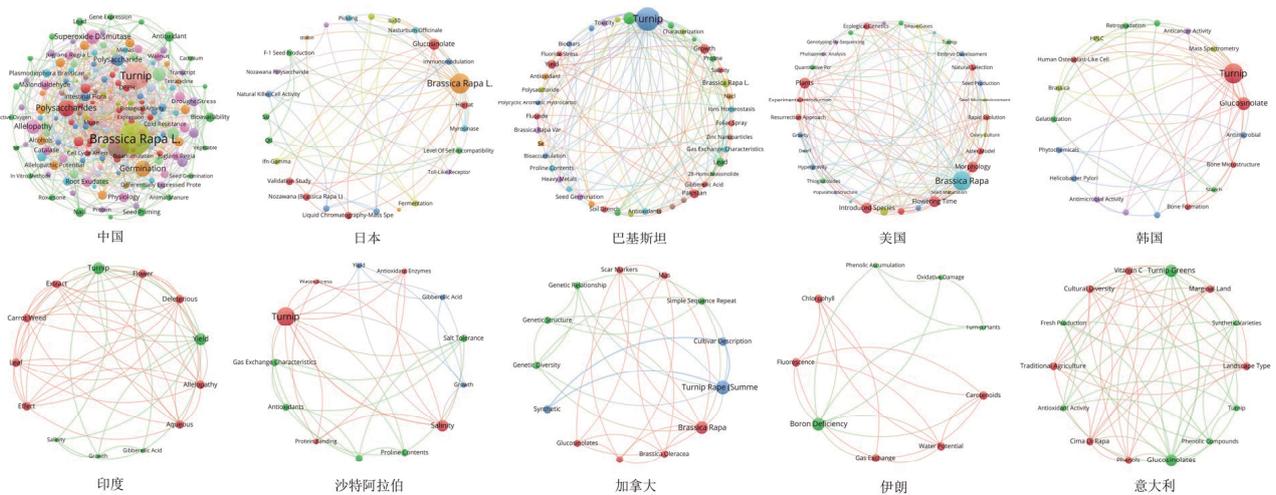


图 19 英文文献高发文量国家关键词共现聚类图

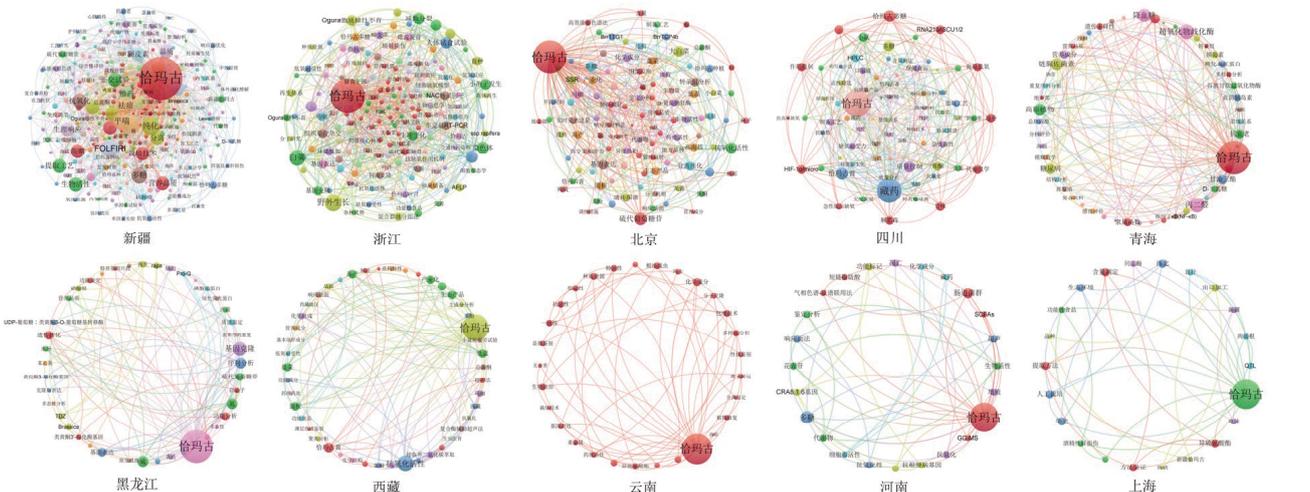


图 20 中文文献高发文量地区关键词共现聚类图

氧化”“超氧化物歧化酶”“多糖”等关键词反映了当前研究的热点方向,进一步凸显了恰玛古在抗氧化、营养成分和药用价值等方面的重要研究价值和应用潜力。不同地区的图谱展现了研究重点的差异。如:新疆和西藏的研究可能更聚焦于恰玛古的药用价值和环境适应性,这与其独特的地理环境和对特色药用植物的需求密切相关;而北京和上海等经济发达地区则更关注恰玛古的营养成分和健康效益,这可能与当地的科研资源和对健康产品的需求有关。这种差异不仅反映了各地区的地理、经济和科研资源特点,也体现了研究方向与区域需求的高度契合。此外,“环境适应性”“遗传多样性”“药用植物”等关键词揭示了恰玛古研究与其他学科(如植物学、生态学、药理学等)的交叉融合。这种跨学科研究不仅有助于深入理解恰玛古的生物学特性,还为其在医药、保健、生态等领域的广泛应用提供了科学依据。

3 讨 论

恰玛古研究的发文量在2007年前呈逐年上升趋势,之后趋于稳定,表明该领域已从快速扩张阶段进入成熟稳定的发展阶段。中国作为恰玛古研究的核心国家,其研究机构和学者在全球范围内发挥了重要的引领作用,尤其是新疆医科大学等机构在推动恰玛古科研方面做出了突出贡献。此外,美国、日本、印度等国家也在该领域展现出一定的研究实力,形成了多国协同的研究格局。

在研究热点方面,英文文献主要集中在恰玛古的活性成分、代谢途径、基因调控及环境适应性等领域,反映了学术界对恰玛古基础生物学特性的高度关注。中文文献则更侧重于恰玛古的有效成分、生长特性、引种栽培及药效学等方面,体现了研究者对恰玛古作为药食同源植物的开发和应用潜力的重视。特别是针对恰玛古黄酮类^[35]、多糖^[36-38]成分的药理作用研究,以及如何通过栽培技术提高其产量和品质的研究,为恰玛古的产业化发展提供了重要支持。

恰玛古作为民族药材,研究深度和系统性还有所缺乏(如毒性研究不足、质量控制标准缺失),尤其是在国际上认可的高质量研究成果较少。为提高研究水平,研究机构应加强机构间的横向合作,引入现代技术方法,推动其科学化开发和利用。此外,恰玛古在生态系统中的作用及其与其他生物的互作关系的研究,为其在生态修复和可持续农业中的应用提供了新的视角。值得注意的是,恰玛古的药效与其品质密切相关,因此需深入开展规范化种植、种质资源优化及科学采收等资源相关研究。目前研究者对这些方面的关注仍较为有限。不同来源的恰玛古在成分含量(如多糖等种类)方面存在差别,可能导致药理作用差异^[8-9],因而未来的研究应更加聚焦于其资源层面的系统研究。

近年来,随着分子生物学、代谢组学等前沿技术的引入,恰玛古研究逐渐从传统的成分分析和药理作用探索,向更深层次的分子机制和系统生物学方向发展。如深入解析恰玛古的抗肿瘤、抗氧化、抗炎等作用机制,以及研究其在极端环境下的适应性机制,都为恰玛古的现代化应用提供了新的思路 and 方向。

参 考 文 献

- [1] 顾政一.维吾尔药现代研究与应用[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社、新疆科学技术出版社,2015:302-320.
- [2] 国家中医药管理局《中华本草》编委会.中华本草:维吾尔药卷[M].上海:上海科学技术出版社,2005:161-162.
- [3] 王丽萍,王航宇,谭勇,等.维药恰玛古的研究进展[J].农垦医学,2012,34(6):525-530.
- [4] 冯琪.恰玛古提取物抗氧化活性、护肝功效分析[J].现代食品,2024,30(10):105-107.
- [5] 刘展,盛朋飞.新疆地产植物恰玛古活性成分及抗肿瘤机制的研究进展[J].癌症进展,2019,17(20):2361-2363.
- [6] LIU X Q, LIAO N, TANG X Y, et al. TMT-label comparative proteomics reveals the vernalization mechanism in Wucai (*Brassica campestris* L.)[J]. JProteomics,2025,314:105398.
- [7] 张涛,安熙强,黄莉,等.维药恰玛古中硫代葡萄糖苷的提取工艺研究[J].中国药房,2015,26(25):3548-3551.
- [8] 宋曙辉,刘庞源,何洪巨,等.不同品种芜菁营养成分及硫苷含量分析[J].营养学报,2016,38(6):610-612.
- [9] 王证德,平措绕吉,刘莹,等.芜菁的化学成分和生物活性研究进展[J].中南药学,2023,21(9):2391-2399.
- [10] 王萍,于新,陈于隄,等.恰玛古食用与药用研究进展[J].仲恺农业工程学院学报,2021,34(1):63-70.
- [11] 马国财,王玉茹,轩正英.新疆芜菁不同品种营养成分分析与比较[J].食品工业科技,2016,37(4):360-364.
- [12] 王永刚,丘雁玉,李薇.新疆柯坪芜菁根的营养成分分析[J].新疆农垦科技,2019,42(1):39-41.
- [13] SOENGAS P, VELASCO P, FERNÁNDEZ J C, et al. New vegetable Brassica foods: A promising source of bioactive compounds[J]. Foods,2021,10(12):2911.
- [14] DEJANOVIC G M, ASLLANAJ E, GAMBA M, et al. Phytochemical characterization of turnip greens (*Brassica rapa* ssp. *rapa*): A systematic review[J]. PLoS One,2021,16(2):e0247032.
- [15] PAUL S, GENG C G, YANG T H, et al. Phytochemical and health-beneficial progress of turnip (*Brassica rapa*) [J]. J Food Sci,2019,84(1):19-30.
- [16] YANG J, LOU J S, ZHONG W W, et al. Chemical profile of turnip according to the plant part and the cultivar: A multivariate approach[J]. Foods,2023,12(17):3195.
- [17] HASSANPOUR FARD M, NASEH G, LOTFI N, et al. Effects of aqueous extract of turnip leaf (*Brassica rapa*) in alloxan-induced diabetic rats[J]. Avicenna J Phytomed,2015,5(2):148-156.
- [18] WANG W, WANGX Q, YE H, et al. Optimization of extraction, characterization and antioxidant activity of polysaccharides from *Brassica rapa* L. [J]. Int J Biol

- Macromol, 2016, 82: 979–988.
- [19] XIE Y, JIANGS P, SUD H, et al. Composition analysis and anti-hypoxia activity of polysaccharide from *Brassica rapa* L[J]. Int J Biol Macromol, 2010, 47(4): 528–533.
- [20] FRANCISCO M, MORENODA, CARTEAME, et al. Simultaneous identification of glucosinolates and phenolic compounds in a representative collection of vegetable *Brassica rapa*[J]. J Chromatogr A, 2009, 1216(38): 6611–6619.
- [21] HASSANZADEH-TAHERI M, HASSANPOUR-FARD M, DOOSTABADI M, et al. Co-administration effects of aqueous extract of turnip leaf and metformin in diabetic rats[J]. J Tradit Complement Med, 2018, 8(1): 178–183.
- [22] REVELOUP K, KOKOTOUM G, CONSTANTINOU-KOKOTOU V. Determination of indole-type phytonutrients in cruciferous vegetables[J]. Nat Prod Res, 2020, 34(17): 2554–2557.
- [23] EL-MAKAWYA I, IBRAHIMF M, MABROUKD M, et al. Efficiency of turnip bioactive lipids in treating osteoporosis through activation of Osterix and suppression of Cathepsin K and TNF- α signaling in rats[J]. Environ Sci Pollut Res Int, 2020, 27(17): 20950–20961.
- [24] SHABESTARIAN H, TABRIZIM H, ES-HAGHI A, et al. The *Brassica napus* extract (BNE)-loaded PLGA nanoparticles as an early necroptosis and late apoptosis inducer in human MCF-7 breast cancer cells[J]. Nutr Cancer, 2022, 74(7): 2540–2549.
- [25] YAN J L, LI Y F, ZHAO P Y, et al. Membrane-bound transcriptional activator NTL1 from rapeseed positively modulates leaf senescence through targeting genes involved in reactive oxygen species production and programmed cell death [J]. J Agric Food Chem, 2021, 69(17): 4968–4980.
- [26] KONG H R, YANG J, WANG X J, et al. The combination of *Brassica rapa* L. polysaccharides and cisplatin enhances the anti liver cancer effect and improves intestinal microbiota and metabolic disorders[J]. Int J Biol Macromol, 2024, 265(Pt 1): 130706.
- [27] ZHU H K, YANG Y, LI Z L, et al. An integrated network pharmacology and metabolomics approach to reveal the immunomodulatory mechanism of *Brassica rapa* L. (Tibetan Turnip) in fatigue mice[J]. Food Funct, 2022, 13(21): 11097–11110.
- [28] ZHU J J, WANG Z L, LI N, et al. Effects of dietary *Brassica rapa* L. polysaccharide on growth performance, immune and antioxidant functions and intestinal flora of yellow-feathered quail[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 28252.
- [29] TANAKA Y, INABA C, SAWA T, et al. *Brassica rapa* L. prevents Western diet-induced obesity in C57BL/6 mice through its binding capacity of cholesterol and fat[J]. Biosci Biotechnol Biochem, 2023, 87(10): 1205–1211.
- [30] WANG C, ZHU H K, CHENG Y L, et al. Aqueous extract of *Brassica rapa* L.'s impact on modulating exercise-induced fatigue viagut-muscle axis[J]. Nutrients, 2023, 15(22): 4737.
- [31] 陈贵林. 不结球白菜铁营养基因型差异及其机理研究[D]. 南京: 南京农业大学, 1996.
- [32] 丁秀琦. 白菜型春油菜品种生态型鉴定[J]. 青海大学学报(自然科学版), 1996, 14(2): 39–44.
- [33] 孙艳, 安熙强, 马媛, 等. 恰玛古蜜膏对小鼠免疫功能的影响[J]. 中国医药导报, 2010, 7(6): 20–22.
- [34] 楚秉泉. 西藏芜菁的抗缺氧功能成分分离及其作用机制研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2017.
- [35] 陈文彬, 史毅, 张博文, 等. 恰玛古黄酮类化学成分及其药理活性研究进展[J]. 江西中医药大学学报, 2019, 31(3): 115–118.
- [36] 蔡啸镛, 刘跃峰. 恰玛古多糖的纯化及对运动小鼠抗疲劳活性研究[J]. 食品工业, 2015, 36(8): 59–62.
- [37] 张谦筱, 安熙强, 白利平, 等. 恰玛古多糖的抗氧化功能及其片剂的制备工艺[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(6): 2079–2085.
- [38] 陈文彬, 叶耀辉, 张博文, 等. 恰玛古多糖提取工艺及药理活性研究进展[J]. 江西中医药大学学报, 2018, 30(3): 110–114.

(收稿日期: 2025-07-28 编辑: 蒋凯彪)