

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2022.01.026

崔鹏程, 张涛, 陈鑫. 基于 CiteSpace 与 VOSviewer 的粮食储藏科学知识图谱分析[J]. 粮油食品科技, 2022, 30(1): 203-213.

CUI P C, ZHANG T, CHEN X. Mapping analysis of grain storage based on CiteSpace and VOSviewer[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2022, 30(1): 203-213.

基于 CiteSpace 与 VOSviewer 的粮食储藏科学知识图谱分析

崔鹏程, 张涛, 陈鑫✉

(国家粮食和物资储备局科学研究院, 北京 100037)

摘要: 为研究粮食储藏科学的现状和发展趋势, 检索 CNKI 和 Web of Science 两大论文数据库, 利用可视化软件完成文献计量分析。结果表明: 粮食储藏科学发文数量波动上升且美国、中国两国占比达 40%。国内主要以国家资助和地方资助为主, 形成了由河南工业大学、南京财经大学、国家粮食和物资储备局科学研究院等科研院所为研究主体的, 以储藏时间、温湿度、储藏品质、虫霉等为学科方向的多个研究团队; 国外主要以科技机构资助为主, 形成了以粮食储藏、产能分析、小麦特性、大豆微观结构性质、食品特性、油脂研究等六大聚类主题的研究机构, 但是不同国家之间的作者合作较少。学科成果在《中国粮油学报》和 *Journal of Stored Products Research* 两种期刊的发文量最大。

关键词: 粮食储藏; 研究现状; 知识图谱; 文献计量

中图分类号: S379 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2022)01-0203-11

网络首发时间: 2022-01-07 15:40:59

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20220107.1327.021.html>

Mapping Analysis of Grain Storage Based on CiteSpace and VOSviewer

CUI Peng-cheng, ZHANG Tao, CHEN Xin✉

(Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037, China)

Abstract: In order to study the development trend of grain storage, literatures were retrieved from CNKI and Web of Science, and the bibliometric analysis was completed by using visualization software. The results show that the grain storage number of papers has risen gradually, and the United States of America and China accounted for 40%. Some research teams were from institutes, such as, Henan University of Technology, Nanjing University of Finance & Economics and Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, which were supported by the national and local funding in China. And storage time, temperature and humidity, storage quality, insects and mold were their main topics. In foreign countries, the scientific and technological institutions of various countries were the funding institutions, and the research

收稿日期: 2021-08-24

基金项目: “十三五”国家重点研发计划(2018YFD0401403); 中央级公益性基本科研业务费专项(ZX2006)

Supported by: Nation Key Research and Development Project of the 13th five-year plan, China (No.2018YFD0401403); Fundamental Research Funds of non-profit Central Institutes (No.ZX2006)

作者简介: 崔鹏程, 男, 1993 年出生, 硕士, 研究实习员, 研究方向为粮食储运安全生产技术。E-mail: cpc@ags.ac.cn.

通讯作者: 陈鑫, 男, 1992 年出生, 本科, 研究实习员, 研究方向为粮食储运安全生产技术。E-mail: chx@ags.ac.cn.

institutions and individuals focused on six topics, such as grain storage, productivity analysis, food characteristics and microstructure properties. There is little cooperation among authors from different countries. The academic achievements had the largest number of papers published in “Journal of The Chinese Cereals and Oils Association” and “*Journal of stored products research*”.

Key words: grain storage; research status; mapping analysis; bibliometric analysis

粮食安全事关国运民生。2020 年全球性新冠疫情的爆发更加凸显出粮食的战略重要性。伴随着 2020 年我国粮食总产量 66 949 万 t 的再丰收^[1], 为稳定全国全年粮食生产奠定了基础。巨大粮食产量必须要有稳定、安全、可靠的仓储技术和方法来支撑。一代又一代的粮食人扎根科研, 潜心研究储藏科学和工艺, 取得丰富成果。在 2019 年 10 月国务院新闻办公室发布的《中国的粮食安全》白皮书提到, 我国的粮食储备能力明显增强, 库区和仓型现代化水平不断提高, 设备设施不断完善, 储备体系逐步健全^[2]。

粮食储藏是粮食收获后到加工前的重要管理过程, 也是粮食流通产业链的主要环节, 是确保国家粮食产后安全的基础。粮食储藏科学作为农产品储藏学的重要分支, 研究的是粮食在储藏期间, 差异化的储藏技术和条件对粮食本身生物、化学、物理、品质的影响, 以及对粮堆益虫和害虫生长和消亡干预情况^[3]。粮食储藏科学主要包括以下几部分: ①基础理论研究, 指粮食品质^[4]、粮堆物理性质^[5-7]、储粮生态地域划分^[8]、储粮害虫^[9-11]、真菌^[12-14]、毒素^[15-17]等方面的探索; ②仓储基础设施研究, 指以高大平房仓、立筒仓和浅圆仓为主的现代化仓储布局和建设^[18-19]; ③粮食储藏技术研究, 指以“四合一”为突破口的储粮技术创新和集成^[20-22]; ④害虫防治研究, 指以熏蒸药剂^[22-23]、惰性粉^[24-25]、生物防治^[26]等为主的技术替代; ⑤智能信息化研究, 指运用大数据、云计算、物联网等新技术和新手段逐步实现粮库的智能化和信息化^[27-30]。

文献综述是对某一领域学术动态和成果进行搜集、汇总、提炼、分析的过程。靳祖训通过分析粮食储藏科学技术成果, 对我国应用理论性、基础性研究以及应用技术研究进行论述, 并提出了储藏科技应顺应低碳的发展导向^[31]; 郭道林等

将国内储藏科学技术学科与国外进行对比, 分析得到我国学科发展三个方向和九个研究重点^[2]; 唐柏飞通过阐述我国粮食储藏现状, 分析所存在的问题和不足, 进而总结出粮食储藏精细化、绿色化、惠农化、现代化、安全化等发展方向^[32]; 杨广靖等从出入库设备开发、储藏常规技术、害虫防治等方面分析储藏存在问题, 并提出实现绿色储粮、降耗减损、保质保量的发展目标^[33]。此类文献综述只是对粮食储藏科学研究内容的分类和分析, 缺乏对作者、时间、空间和研究机构等的关联交叉分析。科学知识图谱 (Mapping Knowledge Domains) 作为文献计量分析的重要手段之一, 因具有可视化、数据处理能力强、分析维度多等优势, 近年来得到广泛应用^[34]。陆红飞等基于文献计量分析和知识图谱方法, 分析了黄河流域农田灌排的研究现状, 总结了研究热点^[35]; 胡秀芳等通过收集 Web of Science 数据库生态安全相关文献并进行可视化分析得到, 生物多样性、全球化、脆弱性等已经成为研究热点, 并可分为持续性和阶段性两大类^[36]; 严康等利用 CiteSpace 软件对土传病害领域的学科分布、研究热点以及变化趋势进行分析, 结果表明生物防控是研究热点, 而土壤微生物多样性、寄生植物、病原微生物与土传病害间的关系将成为未来研究趋势^[37]。针对粮食储藏科学对现有研究文献分析的缺点, 结合科学知识图谱的优势, 本文拟采用 CiteSpace 与 VOSviewer 两款可视化文献计量分析工具, 对粮食储藏科学国内和国际文献进行分析, 旨在梳理该领域研究概况、热点及趋势, 为行业发展提供新思路。

1 材料与方法

1.1 数据来源

CNKI 数据库 (China National Knowledge Infrastructure) 作为国内最专业、最稳定、覆盖面

最广的学术知识信息共享平台,具有权威性、实用性等特点^[38]。而 Web of Science(以下简称:WOS)则收录了全球各研究领域的重要核心期刊,常被用作文献计量分析,是学术界最大、覆盖学科最多的综合性学术信息资源。因此本文以 CNKI 和 WOS 核心集为数据基础,检索相关文献,分析国内外粮食储藏科学方面的研究情况。

CNKI 文献检索:检索时间为 2021 年 1 月 15 日,年际跨度为 1995—2021 年,检索方式为“高级检索”,文献类型为“期刊”,来源类别选择“SCI 来源期刊、EI 来源期刊、核心期刊、CSSCI 以及 CSCD”,以“粮食”OR“小麦”OR“玉米”OR“稻谷”OR“大豆”OR“大米”AND“储藏”为检索词进行“主题”检索。经人工筛选,剔除书评、会议通知、期刊征稿等,共 943 篇文章。

WOS 文献检索:检索时间为 2021 年 1 月 15 日,年际跨度为 1995—2021 年,检索方式为“Basic Search”,数据库为“Web of Science Core Collection”,以“grain storage”OR“corn storage”OR“rice storage”OR“wheat storage”OR“soybean storage”为检索词进行“Title”检索。经人工筛查,剔除无关文献,共 2 041 篇文章。

1.2 研究方法

CiteSpace 软件由 Drexel 大学陈超美博士开发,作为一款信息可视化软件,可以识别科学文献中主要科研机构 and 人员、学科热点、研究前沿等^[39]。VOSviewer 软件是由荷兰莱顿大学 CWTS 研究机构开发的可视化软件,其在主题挖掘、关键词共引、网络密度聚类图等方面有一定优势。两者均可在 Java 环境下运行,为国内学者提供巨大便利。因此,为充分发挥两种软件优势,本文

在对比了两款软件对不同要素分析优劣势情况下,选取最为合理准确的图谱完成粮食储藏科学知识图谱分析。

2 结果与讨论

2.1 年度发文与国家合作网络分析

期刊论文的发文量是评价行业研究状况的重要指标。CNKI 和 WOS 两数据库 2 984 篇文献的年代分析统计结果如图 1 所示。1995—2005 年近十年间粮食储藏科学研究较少,中国乃至全球发文不多,相关研究还处于起步阶段;2005—2015 年行业内发文量呈现上升趋势,可能是全球性的粮食危机引起各国学者和研究人员对于粮食储藏科学的关注;2015 年至今,国外发文量激增,国内也在平稳增长,说明近年来粮食储藏科学研究受到持续更多的关注,并且我国科研热点和方向紧随国际前沿。

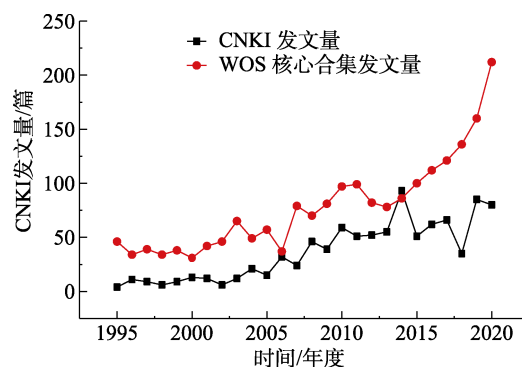


图1 1995—2020年粮食储藏科学研究年度发文数量统计

Fig.1 Statistics on the number of papers issued in the annual grain storage science research from 1995 to 2020

采用 VOSviewer 软件对国际合作进行密度分析,如图 2 所示,美、中两国发文数量居于前二,

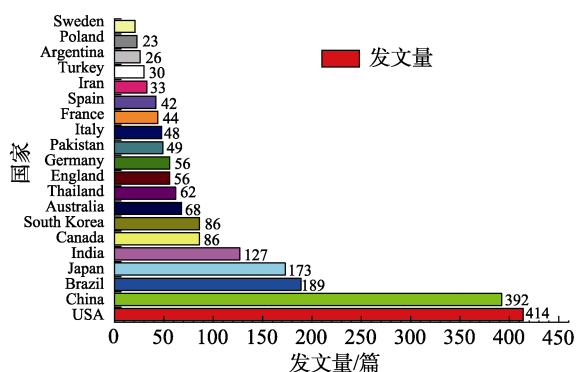


图2 1995—2020年WOS中粮食储藏科学研究国家发文量及合作密度图

Fig.2 Map of cooperation density and the number of national papers in the grain storage science research in WOS from 1995 to 2020

分别达到了414和392篇,占到总篇数的40%,并且合作最为密切;巴西(189篇)、日本(173篇)、印度(127篇)三国发文数量较多,分列3~5位,与其不同的粮食支持政策有很大关系;加拿大(86篇)、韩国(86篇)、澳大利亚(68篇)、泰国(62篇)、英国(56篇)等国也在粮食储藏行业进行了大量研究,且与其他各国多有合作。

2.2 发文作者与机构分布研究

2.2.1 发文作者分布研究

发文作者分析可以反映该行业领域的主要贡献者以及团队。本研究采用VOSviewer对CNKI数据库和WOS数据库的发文作者进行分析,得到相应图谱,如图3~4所示。其中,节点大小代表作者发文量,线条代表作者之间的合作关系,

不同颜色代表发文作者之间的群体关系。

由图3 发文作者与发文量和关联强度的关系可知,在所检索的文献中,发文量与关联强度呈正相关关系。河南工业大学的王若兰发文数量最多,达57篇,其次分别为河南工业大学的张玉荣(55篇)、周显青(43篇)、蔡静平(30篇),然后是南京财经大学的鞠兴荣(26篇),河南工业大学的张来林(24篇)、渠琛玲(18篇)、黄淑霞(18篇),最后是来自国家粮食和物资储备局科学研究院的唐芳(16篇)和曹阳(16篇)等。由此可知,我国粮食储藏行业主要是由河南工业大学、南京财经大学、国家粮食和物资储备局科学研究院等大学和科研院所为研究主体。由图3 网络图可知,国内粮食储藏科学研究人员大致形成

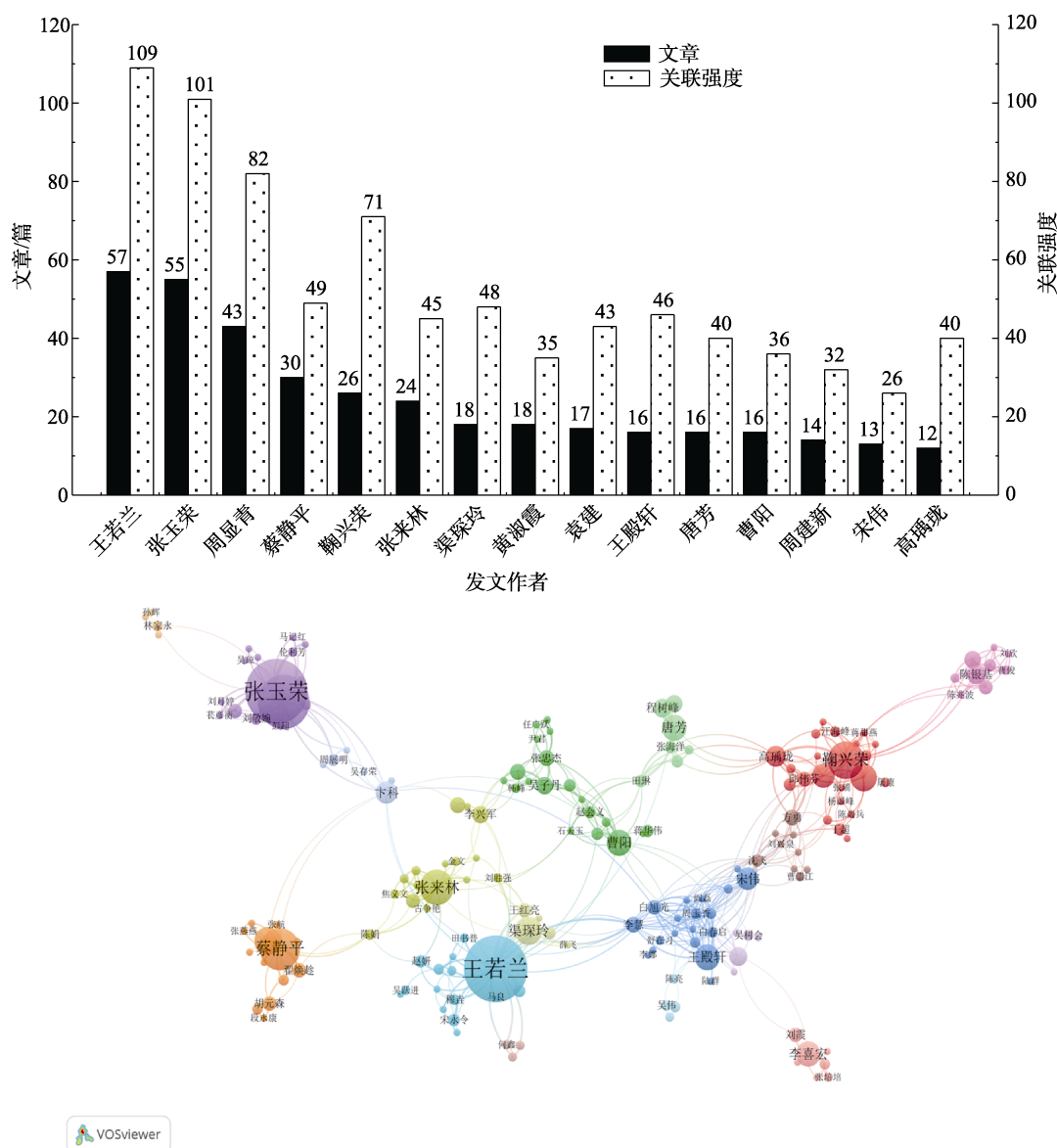


图3 CNKI中粮食储藏科学研究作者发文量、关联强度及网络图谱

Fig.3 The number of papers published by the authors of the grain storage science research, the strength of association and the network map in CNKI

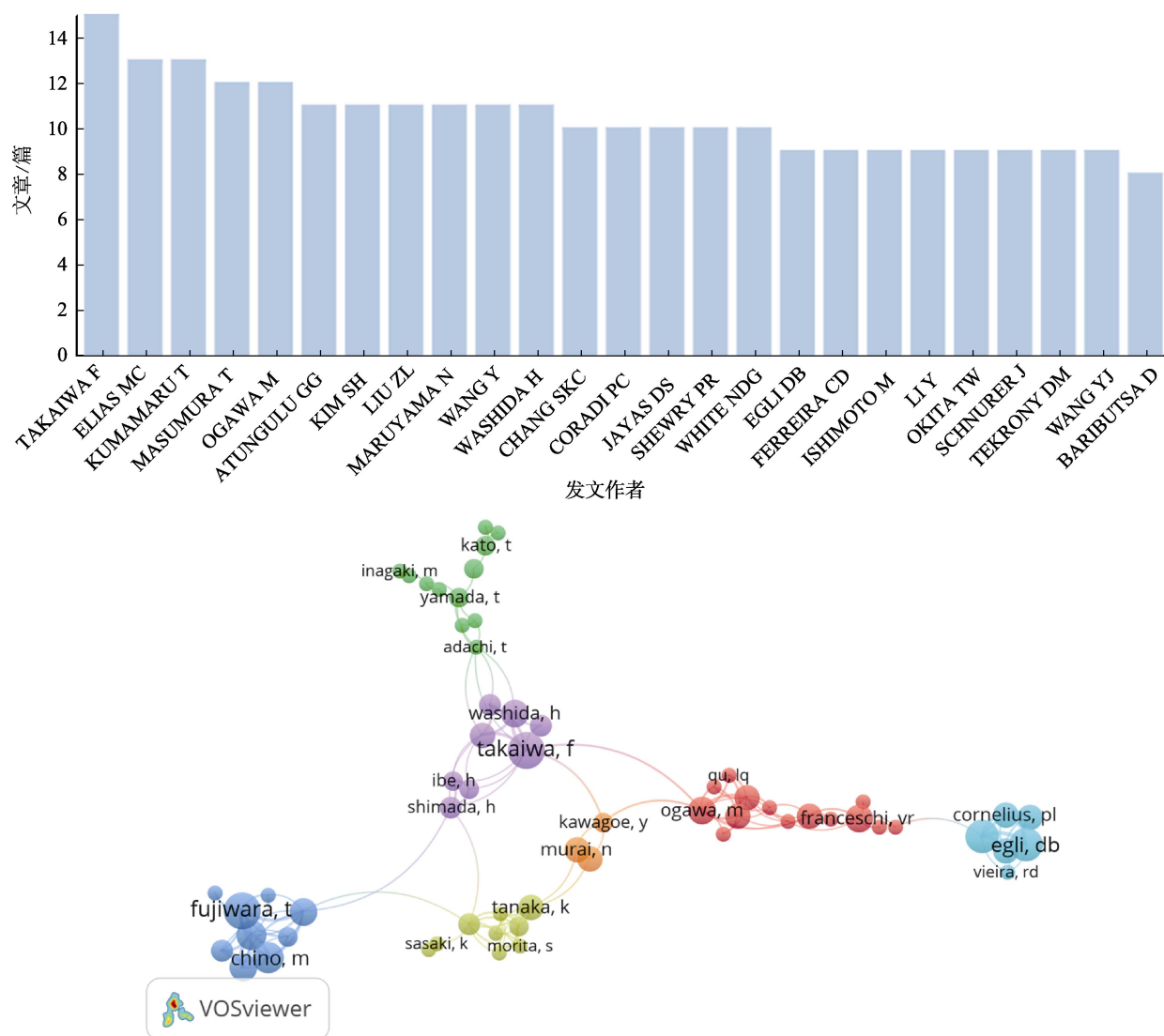


图4 WOS中粮食储藏科学研究作者发文量及关联网络图谱

Fig.4 The number of papers published by the authors of the grain storage science research and the associated network map in WOS

了8个研究团队,并且各个团队之间合作较为紧密,具体包括:(1)以张玉荣、周显青为代表的粮油储藏、粮油产后品质检测研究团队;(2)以曹阳、吴子丹为代表的粮食储运、害虫防治、粮食干燥研究团队;(3)以鞠兴荣、袁建为代表的食品营养、农产品深加工研究团队;(4)以王殿轩、白旭光为代表的粮食储藏、储藏物昆虫与害虫综合治理研究团队;(5)以王若兰为代表的粮食仓储工艺、储粮品质与控制研究团队;(6)以张来林、渠琛玲为代表的储粮工艺、粮食化学与品质分析研究团队;(7)以蔡静平、翟焕趁为代表的储粮霉菌研究团队;(8)以陈银基为代表的粮食仓储品质控制研究团队。并且各个研究团队之间合作较为紧密,共同构成了粮食仓储行业研究不同梯队。

对WOS文献分析可知,由于地域原因,发文作者还是以本国相互合作为主,不同国家之间的作者合作较少,因此只对发文作者的发文量和网络图进行分析,而不进行关联强度的统计,如图4所示。其中,Takaiwa F发文数量最多,达到15篇,其次分别为Elias Mc、Kumamaru T的13篇,以及Ogawa M的12篇,最后则为Atungulu GG、Kim SH、Liu ZL、Maruyama N、Wang Y、Washida H的11篇,其余作者发文数量均小于等于10篇。结合发文作者网络图可以看出,国外作者虽然也有作者共现的网络和群体形成,但是由于其发文数量有限,故不能称之为研究团队,因此不再赘述。

2.2.2 发文机构分布研究

发文机构分布研究可以反映不同机构对于粮食储藏行业的贡献力和影响力大小。通过CiteSpace

软件,以文献的研究机构为节点,分析 CNKI 发文机构分布情况,如图 5 所示。从发文量来看,河南工业大学(267 篇)、南京财经大学(86 篇)、国家粮食和物资储备局科学研究院(67 篇)三个科研机构发文量最多,表明这两所高校和科研院近年来在粮食仓储行业有较为深入的研究;中国农业大学、中储粮成都储藏研究院有限公司、吉林大学、中国农村技术开发中心、武汉轻工大学、天津科技大学以及江苏省现代粮食流通与安全协同创新中心等机构也在推进整个行业的发展。从科研院所的合作关系来看,仍然是以独立发文为主,跨院校、跨单位合作为辅的研究模式。但行业的发展需要多个机构和部门协作推进,发挥自身优势,产学研多方位合作是科研大趋势。

通过 VOSviewer 分析 WOS 发文机构分布情况,如图 6 所示。发文量较多的机构分别是美国农业部(United States Department of Agriculture)、

中国科学研究院(Chinese Academy of Sciences)、印度农业研究理事会(Indian Council of Agricultural Research)、日本国家农业食品研究机构(National Agriculture Food Research Organization) 中国农业大学(China Agricultural University)、阿肯色大学(University of Arkansas)、华盛顿州立大学(Washington State University),均达到 30 篇以上。通过图谱可以看出,在粮食储藏领域形成了以上述机构为核心的多个合作子网络,可在一定程度上促进行业发展。但是子网络之间合作强度不一,存在同一国家合作多,不同国家合作少的现象。同 CNKI 发文机构分析结果类似,跨区域、跨国家、跨机构的合作可加快促进该领域的研究发展。

2.3 发文期刊及资助情况研究

发文期刊分布研究可反映出研究水平,并为以后作者投稿提供参考。统计分析 2 984 篇期刊文献,各期刊发文量存在较大差异。



图 5 CNKI 中粮食储藏科学研究作者机构关联网络图谱

Fig.5 Association network map of grain storage science research institutions in CNKI

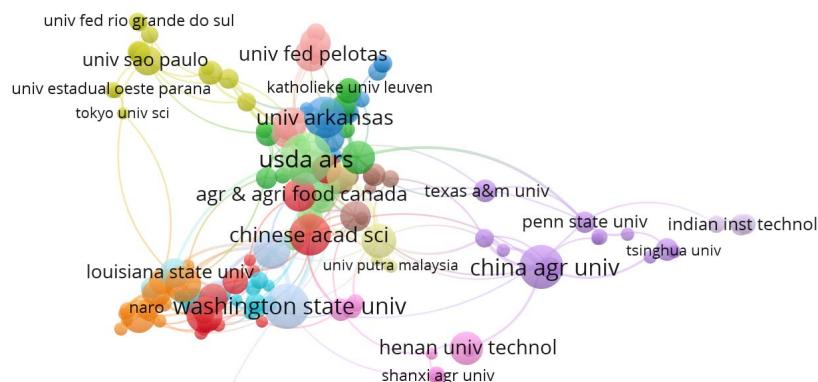


图 6 WOS 中粮食储藏科学研究作者机构关联网络图谱

Fig.6 Association network map of grain storage science research institutions in WOS

2.3.1 CNKI 发文期刊和资助项目研究

CNKI 期刊中粮食储藏学科发文量最多的为《中国粮油学报》(189 篇), 占总发文量的 20%, 主要是因为其作为全国食品工业类的主导期刊, 中文核心期刊, 自 1986 年建刊以来, 涵盖了谷物、储藏、信息自动化等多个研究领域, 处于国内领先水平。其次为《河南工业大学学报(自然科学版)》(99 篇), 期刊聚焦于粮食储藏和仓储物流等研究领域, 突出“粮食”特色, 加之学校以粮食方面研究为背景, 因此发文量排名第二。另外,《粮食与饲料工业》期刊发文量也达到了 76 篇, 主要原因是其集粮食与饲料为一刊, 且粮食储藏为饲料加工的重要过程。发文量 4~10 的期刊分别为《粮食与油脂》《食品工业科技》等期刊, 可见其他相关期刊业正处于蓬勃发展中, 将促进整个行业的进步。

表 1 CNKI 发文期刊及主要基金项目分布
Table 1 Distribution of CNKI published journals and major fund projects

排序	CNKI 期刊	发文量/篇	CNKI 论文基金项目资助项目	发文量/篇
1	中国粮油学报	189	国家自然科学基金	143
2	河南工业大学学报(自然科学版)	99	国家科技支撑计划	83
3	粮食与饲料工业	76	国家重点研发计划	58
4	粮食与油脂	52	国家高技术研究发展计划	42
5	食品工业科技	45	国家科技攻关计划	19
6	食品科学	44	国家重点基础研究发展规划	16
7	食品科技	43	江苏省自然科学基金	15
8	农业工程学报	29	河南省科技攻关计划	13
9	粮油食品科技	27	河南省自然科学基金	10
10	粮油加工	27	河南省教委自然科学基金基础研究项目	10

CNKI 论文资助方主要分为国家层面和地方层面。国家层面主要包括自然科学基金项目、科技支撑计划、重点研发计划等, 说明粮食储藏科学为国家重点资助领域。地区层面则以各省的自然科学基金和科技攻关为主, 重点研究特定区域和省份突出的粮食储藏问题, 具有较强的针对性。

2.3.2 WOS 发文期刊和资助机构研究

对 WOS 导出的文献进行统计分析可以看出, 共有 280 种期刊发表了粮食储藏科学相关论文, 可见期刊种类的多样性。其中, 在 *Journal of Stored Products Research* 上发表的论文数量最多, 达到 87 篇。其次分别为 *Food Chemistry*(55 篇), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*(48 篇), *Cereal Chemistry*(38 篇), *Journal of Cereal Science*(38 篇)。这些期刊包括储藏学、食品科学、农学、谷物理学等多个学科, 为粮食储藏科学领域的权威期刊。此外, 从表格中可以看出, 排名前 10 的期刊中有 6 个与“食品”研究领域相关, 可见国外对于食品安全和粮食储藏之间关系的重视。

WOS 论文的发表则是以国家相关科技单位资助为主, 包括中国的国家自然科学基金委员会和科技部、日本的文部省、美国的农业部、欧洲的欧盟委员会等。由此可以看出世界各国科技管理部门深知粮食安全的重要性, 都在投入大量物力和财力进行科学研究工作。

2.4 关键词共现分析

关键词反映了该文献研究重点, 也是了解粮食储藏行业研究热点的重要途径。

2.4.1 CNKI 发文关键词共现分析

运用 CiteSpace 软件, 以期刊文献的关键词为

表 2 WOS 发文期刊及主要资助机构分布

Table 2 Distribution of WOS published journals and major support institutions

排名	WOS 期刊	发文量/篇	资助机构	发文量/篇
1	<i>Journal of Stored Products Research</i>	87	National Natural Science Foundation of China	170
2	<i>Food Chemistry</i>	55	Ministry of Education Culture Sports Science and Technology Japan	49
3	<i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i>	48	CAPES	44
4	<i>Cereal Chemistry</i>	38	National Council for Scientific and Technological Development	43
5	<i>Journal of Cereal Science</i>	38	Japan Society for the Promotion of Science	38
6	<i>LWT Food Science and Technology</i>	31	Grants in Aid for Scientific Research	37
7	<i>Journal of Food Science</i>	30	Fundamental Research Funds for the Central Universities	29
8	<i>Journal of Food Science and Technology Mysore</i>	29	National Key Research and Development Program of China	24
9	<i>Journal of The Science of Food and Agriculture</i>	28	United States Department of Agriculture	23
10	<i>Journal of Food Processing and Preservation</i>	25	European Commission	22

2.4.2 WOS 发文关键词共现分析

(1) 蓝色聚类, 主要研究小麦和玉米的储藏, 重点关注是粮食温湿度、生物活性、赤拟谷盗等

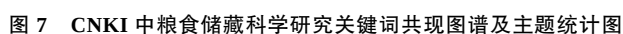


Fig.7 Keyword co-occurrence map and theme statistics map of grain storage scientific research in CNKI

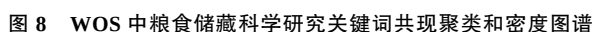


Fig.8 Co-occurrence clustering and density map of key words of grain storage scientific research in WOS

鞘翅目类害虫防控研究(熏蒸剂,精油等手段)、
赫曲霉毒素含量等;

(2) 紫色聚类,主要研究粮食产能影响因素,
重点关注的是灌溉、耕作时间以及气候原因(干
旱)、管理等;

(3) 蓝绿色聚类,主要研究小麦属性,重点
关注的是面团性质、强度、麦谷蛋白等;

(4) 绿色聚类,主要研究大豆微观结构与性
质以及种子,重点关注的是蛋白质、氨基酸以及
DNA等;

(5) 黄色聚类,主要研究食品特性,重点关
注的是淀粉、蛋白质、糊化性质以及烹饪质量等
指标;

(6) 红色聚类,主要研究粮油储藏,重点关
注的是储藏时间、稳定性、大豆油、生物柴油等
方面。

通过对CNKI和WOS发文关键词共现分析可
知,国内外研究的重点类似,都集中在粮食储藏
工艺、温度和湿度控制、储粮品质劣变、害虫防
治等多个方面。

3 结论

全球范围内对于粮食安全相关研究越来越重
视。粮食储藏作为保障粮食安全的重要环节,受
到国内外强烈关注。本文检索CNKI和WOS两大
数据库,首次采用CiteSpace和VOSviewer软件
从年发文量、国家合作、发文作者、机构、发文
期刊、资助情况及关键词等方面对粮食储藏学科
进行了对比分析,主要结论如下:

自1995年至今,全球发表论文数量不断增
加,粮食储藏科学研究受到持续更多的关注。美
国、中国、巴西、日本、印度四国发文量居前列,
研究比较深入,且各国之间存在合作。

在国内,粮食储藏学科形成了以河南工业大
学、南京财经大学、国家粮食和物资储备局科学
研究院、中国农业大学、中储粮成都储藏研究院
有限公司、吉林大学等科研院所为代表的粮油储
藏、粮油产后品质检测、粮食储运干燥、害虫防
治、农产品深加工、储粮工艺控制、储粮霉菌等
多个主要研究方向团队,并且团队之间合作较为
紧密,发挥自身优势,产学研多方位合作,共同

构成了粮食仓储行业研究不同梯队。另外其资金
来源大部分为国家层面和地方层面基金项目的资
助,并且在各自研究领域发文数量较多。作者发
文主要集中在《中国粮油学报》《河南工业大学学
报(自然科学版)》《粮食与饲料工业》《粮食与油
脂》《食品工业科技》等粮食行业期刊。关键词共
现分析可知,储藏时间、水分含量、储藏品质、
储藏条件、储藏温度、发芽率、霉菌、虫害等影
响粮食质量的因素仍然是研究热点。

在国外,Takaiwa F、Elias Mc、Kumamaru T
以及美国农业部、印度农业研究理事会、日本国
家农业食品研究机构、阿肯色大学等个人和机构
发文数量多,并且在粮食储藏领域形成了以上述
机构为核心的多个合作子网络,可在一定程度上促
进行业发展。发表期刊主要包括 *Journal of Stored
Products Research*、*Food Chemistry*、*Journal of
Agricultural and Food Chemistry*、*Cereal Chemistry*、
Journal of Cereal Science, 这些期刊包括储藏学、
食品科学、农学、谷物学等多个学科,为粮食储
藏科学领域的权威期刊。此外,“食品”研究领域
期刊占比较大,可见国外对于食品安全和粮食储
藏之间关系的重视。资助机构仍然以各个国家相
关科技单位为主,可以看出世界各国科技管理部
门对粮食安全的重视。但不同国家之间的作者合
作较少。对于关键词,国外主要分为六大聚类,
包括粮食储藏、产能分析、小麦特性、大豆微观
结构性质、食品特性、油脂研究等方面。

参考文献:

- [1] http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/202012/t20201210_1808377.html.
郭道林,靳祖训,丁建武,等.粮食储藏科学技术学科发展报
告[J].粮食储藏,2009,38(5): 3-7.
GUO D L, LI J Z, DING J W, et al. Development report on the
discipline of grain storage science and technology[J]. Grain
Storage, 2009, 38(5): 3-7.
- [2] 赵同芳.粮食品质研究概述[J].粮食储藏,1983,(6): 24-29.
ZHAO T F. Overview of grain quality research[J]. Grain Storage,
1983,(6): 24-29.
- [3] 尹君,吴子丹,吴晓明,等.基于温湿度场耦合的粮堆离散测
点温度场重现分析[J].中国粮油学报,2014,29(12): 95-101.
YIN J, WU Z D, WU X M, et al. Analysis of temperature field
recurrence in discrete points of grain heap based on coupling of
temperature and humidity fields[J]. Journal of the Chinese
Cereals and Oils Association, 2014, 29(12): 95-101.
- [4] 王远成,潘钰,尉尧方,等.仓储粮堆内部自然对流和热湿传

- 递的数学分析及验证[J]. 中国粮油学报, 2017, 32(9): 120-125+130.
- WANG Y C, PAN J, YU Y F, et al. Mathematical analysis and validation for natural convective heat and moisture transfer in grain bulk during sealed storage[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2017, 32(9): 120-125+130.
- [5] 陈家豪, 陈桂香, 许启铿, 等. 高大平房仓散装粮堆底部压力的离散元模拟[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2019, 40(2): 115-122.
- CHEN J H, CHEN G X, XU Q K, et al. Simulation for bottom pressure of bulk grain pile in large warehouse based on discrete element method[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2019, 40(2): 115-122.
- [6] 宋伟, 靳祖训, 汪海鹏. 中国储粮生态系统研究进展[J]. 粮食储藏, 2009, 38(1): 16-21.
- SONG W, LI Z X, WANG H P. Research progress of China grain storage ecosystem[J]. Grain Storage, 2009, 38(1): 16-21.
- [7] 曹阳. 我国谷蠹、赤拟谷盗、锈赤扁谷盗和土耳其扁谷盗磷化氢抗性调查[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2006, (1): 1-6.
- CAO Y. Survey of the resistance of stored-grain pests to phosphine in China[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2006, (1): 1-6.
- [8] 严晓平, 周浩, 沈兆鹏, 等. 中国储粮昆虫历次调查总结与分析[J]. 粮食储藏, 2008, 37(6): 3-11.
- YAN X P, ZHOU H, SHEN Z P, et al. Summary and analysis of previous surveys of stored grain insects in China[J]. Grain Storage, 2008, 37(6): 3-11.
- [9] 齐艳梅, 田琳, 张涛, 等. 中高温储粮区粮堆表层害虫种类调查[J]. 粮油食品科技, 2015, 23(3): 110-112.
- QI Y M, TIAN L, ZHANG T, et al. Investigation of pest species on the surface of stored grain bulk in the medium and high temperature regions of grain[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2015, 23(3): 110-112.
- [10] 唐芳, 程树峰, 伍松陵. 玉米储藏主要危害真菌生长规律的研究[J]. 中国粮油学报, 2008, (5): 137-140.
- TANG F, CHENG S F, WU S L. Growth of spoilage fungi in stored corn[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2008, (5): 137-140.
- [11] 程树峰, 唐芳, 伍松陵. 小麦储藏危害真菌生长规律的研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(4): 118-121.
- CHENG S F, TANG F, WU S L. Growth of spoilage fungi in stored wheat[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2009, 24(4): 118-121.
- [12] 唐芳, 程树峰, 伍松陵. 稻谷储藏危害真菌生长规律的研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(6): 98-101.
- TANG F, CHENG S F, WU S L. Growth of spoilage fungi in stored paddy[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2009, 24(6): 98-101.
- [13] 孙武长, 刘桂华, 杨红, 等. 粮食中真菌及真菌毒素污染调查[J]. 中国公共卫生, 2005(12): 1532.
- SUN W C, LIU G H, YANG H, et al. Investigation on contamination of fungi and mycotoxins in grain[J]. Chinese Journal of Public Health, 2005, (12): 1532.
- [14] 孙长坡, 代岩石, 王松雪, 等. 利用生物技术防控、消减粮食及其制品中的真菌毒素[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(11): 97-101.
- SUN C P, DAI Y S, WANG S X, et al. Preventing and detoxifying mycotoxin in grains and products by biotechnology[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2009, 24(11): 97-101.
- [15] 苏福荣, 王松雪, 孙辉, 等. 国内外粮食中真菌毒素限量标准制定的现状与分析[J]. 粮油食品科技, 2007, (6): 57-59.
- SU F R, WANG S X, SUN H, et al. The state of mycotoxin maximum limit of grain[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2007, (6): 57-59.
- [16] 刘铁军. 浅谈全国储备粮库建设的布局[J]. 粮油食品科技, 2001, (4): 1-3.
- LIU T J. Talking about the layout of the construction of national reserve grain depot[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2001, (4): 1-3.
- [17] 李建萍, 丛培玉, 王志山. 平房仓的工艺设计与设备配置[J]. 粮食科技与经济, 2001, (3): 40-42.
- LI J P, CONG P Y, WANG Z S. Process design and equipment configuration of the single-storey warehouse[J]. Grain Science and Technology and Economy, 2001, (3): 40-42.
- [18] 粮食储运国家工程实验室. 粮食储藏“四合一”升级新技术概述[J]. 粮油食品科技, 2014, 22(6): 1-5.
- National Engineering Laboratory for Grain Storage and Transportation. “Four-in-one” upgrade new technology for grain storage[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2014, 22(6): 1-5.
- [19] 李前泰, 宋永成, 王新华, 等. 二氧化碳气调防治储粮害虫的研究(I)[J]. 粮食储藏, 1997, (5): 3-10.
- LI Q T, SONG Y C, WANG X H, et al. Study on the control of carbon dioxide to prevent and control stored grain pests (I)[J]. Grain Storage, 1997, (5): 3-10.
- [20] 李丹丹, 李浩杰, 张志雄, 等. 我国氮气气调储粮研发和推广应用进展[J]. 粮油仓储科技通讯, 2015, 31(5): 37-41.
- LI D D, LI H J, ZHANG Z X, et al. Progress in R&D, popularization and application of nitrogen controlled grain storage in my country[J]. LIANGYOU CANGCHU KEJI TONGXUN, 2015, 31(5): 37-41.
- [21] 王远成, Graham R Thorpe, 赵会义, 等. 储粮熏蒸过程中磷化氢浓度的分布模型及验证研究[J]. 中国粮油学报, 2015, 30(7): 81-84.
- WANG Y S, GRAHAM R T, ZHAO H Y, et al. The model and validation of phosphine fumigation in stored grains in silos[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2015, 30(7): 81-84.
- [22] 谢少秋, 王殿轩, 韩伟, 等. 小麦仓多点施药环流硫酰氟浓度变化及对锈赤扁谷盗的致死效果[J]. 粮油食品科技, 2020, 28(5): 89-95.
- XIE S Q, WANG D X, HAN W, et al. Sulfuryl fluoride concentration change and killing effect on cryptolestes ferrugineus (stephens) in stored wheat warehouse applied in several points and recirculation[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2020, 28(5): 89-95.
- [23] 曹阳, 李锦, 李燕羽, 等. 食品级惰性粉对三种储藏物害虫生长发育的影响[J]. 应用昆虫学报, 2013, 50(6): 1665-1670.
- CAO Y, LI J, LI Y Y, et al. Effect of food-grade inert dust on the growth and development of three insect pests of stored-grain[J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2013, 50(6): 1665-1670.

- [24] 汪中明, 李燕羽, 张振军, 等. 食品级惰性粉气溶胶技术防虫效果研究[J]. 粮油食品科技, 2015, 23(S1): 75-78.
WANG Z M, LI Y Y, ZHANG Z J, et al. Effect of food-grade inert dust on the growth and development of three insect pests of stored-grain[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2015, 23(S1): 75-78.
- [25] 贺培欢, 张涛, 伍祎, 等. 普通肉食螨对9种储粮害虫的捕食能力研究[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(11): 112-117.
HE P H, ZHANG T, WU Y, et al. Predation ability of cheryletus eruditus schrank (acari: cheyletidae) on 9 species of stored grain insect pests[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2016, 31(11): 112-117.
- [26] 陈赛赛, 王力, 胡育铭, 等. 智能化粮库建设与应用现状[J]. 粮油食品科技, 2016, 24(2): 97-101.
CHEN S S, WANG L, HU Y M, et al. Construction and practice of intelligent grain depot[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2016, 24(2): 97-101.
- [27] 王殿轩. 关于粮库智能化建设中仓储技术智能化的几点思考[J]. 粮食储藏, 2016, 45(6): 50-54.
WANG D X. Some thoughts on the intelligentization of storage technology in the intelligent construction of grain depots[J]. Grain Storage, 2016, 45(6): 50-54.
- [28] 衣翠平, 柏逢明. 基于 ZigBee 技术的 CC2530 粮库温湿度检测系统研究[J]. 长春理工大学学报(自然科学版), 2011, 34(4): 53-57.
YI C P, BAI F M. ZigBee-based CC2530 granary temperature and humidity monitoring system[J]. Journal of Changchun University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2011, 34(4): 53-57.
- [29] 罗强, 黄睿岚, 朱轶. 基于深度学习的粮库虫害实时监测预警系统[J]. 江苏大学学报(自然科学版), 2019, 40(2): 203-208.
LUO Q, HUANG R L, ZHU Y. Real-time monitoring and prewarning system for grain storehouse pests based on deep learning[J]. Journal of Jiangsu University (Natural Science Edition), 2019, 40(2): 203-208.
- [30] 靳祖训. 中国粮食储藏科学技术成就与理念创新[J]. 粮油食品科技, 2011, 19(1): 1-5.
LI J Z. Innovation concept and achievements of China grain storage science and technology[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2011, 19(1): 1-5.
- [31] 唐柏飞. 我国粮食储藏的现状与发展趋势[J]. 中国粮食经济, 2007, (1): 35-39.
TANG B F. Current situation and development trend of my country's grain storage[J]. China Grain Economy, 2007, (1): 35-39.
- [32] 杨广靖, 任云虹, 贾金元, 等. 我国粮食储藏的现状与发展趋势[J]. 粮食加工, 2012, 37(1): 60-63.
YANG G J, REN Y H, JIA J Y, et al. Present situation and development trend of grain storage in China[J]. Grain Processing, 2012, 37(1): 60-63.
- [33] 李国良, 杨晓严, 王磊, 等. 国内安全行为领域研究进展、热点与趋势分析——基于 CiteSpace 和 VOSviewer 的可视化研究[J]. 科技与经济, 2020, (5): 71-75.
LI G L, YANG X Y, WANG L, et al. Research progress, hot spots and trend analysis of domestic safety behavior field-visual research based on CiteSpace and VOSviewer[J]. Science & Technology and Economy, 2020, (5): 71-75.
- [34] 陆红飞, 齐学斌, 乔冬梅, 等. 基于文献计量的黄河流域农田灌排研究现状[J]. 灌溉排水学报, 2020, 39(10): 25-34.
LU H F, QI X B, QIAO D M, et al. Using bibliometrics to analyze research on irrigation and drainage in the Yellow River basin[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2020, 39(10): 25-34.
- [35] 胡秀芳, 赵军, 查书平, 等. 生态安全研究的主题漂移与趋势分析[J]. 生态学报, 2015, 35(21): 6934-6946.
HU X F, ZHAN J, CHA S P, et al. An analysis of the evolution of topics and future trends in ecological security research[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(21): 6934-6946.
- [36] 严康, 汪海珍, 楼骏, 等. 基于 Web of Science 对土传病害研究现状和趋势的计量分析[J]. 土壤学报, 2020, 57(3): 680-690.
YAN K, WANG H Z, LOU J, et al. Bibliometric analysis of status quo and trend of the research on soil-borne diseases based on the web of science database[J]. Acta Pedologica Sinica, 2020, 57(3): 680-690.
- [37] 阳富强, 林子燚, 邱东阳. 基于 CiteSpace 的国内城市公共安全可视化研究分析[J]. 福州大学学报(自然科学版), 2021, 49(1): 121-127.
YANG F Q, LIN Z Y, QIU D Y, et al. Analysis on visualization of urban public safety based on CiteSpace[J]. Journal of Fuzhou University (Natural Science Edition), 2021, 49(1): 121-127.
- [38] CHEN C, HU Z, LIU S, et al. Emerging trends in regenerative medicine: a scientometric analysis in CiteSpace[J]. Expert opinion on Biological Therapy, 2012, 12(5): 593-608. 
- 备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lyspkj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。