

◆ 综述与进展 ◆

基于CiteSpace的农药悬浮剂研究动态分析

刘 佳¹, 李慧杰¹, 刘 丹¹, 徐洪亮^{2*}

(1. 黑龙江科技大学管理学院 哈尔滨 150022 2. 黑龙江大学现代农业与生态环境学院 哈尔滨 150080)

摘要:为深入分析农药悬浮剂的研究进展及发展动态,选择中国知网(CNKI)核心数据库和Web of Science(WOS)核心合集数据库,采用文献计量学中常用的CiteSpace可视化软件,针对1996—2024年农药悬浮剂相关文献展开多维度剖析。研究内容涵盖文献数量变化趋势、作者与机构间合作关系、关键词共现及聚类分析等,旨在揭示农药悬浮剂领域的研究现状、热点及未来发展趋势。研究结果显示,CNKI核心数据库文献研究热点主要集中在悬浮剂的应用及防治效果,WOS核心数据库文献研究热点则侧重于农药悬浮剂相关技术分析及生物防治等方面。研究结果揭示了农药悬浮剂当前研究动态,为其未来发展提供参考。

关键词:农药悬浮剂;文献计量学;可视化分析;CiteSpace;研究动态

中图分类号:G 35 S 48 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2025.04.006

Analysis on research development dynamics of pesticide suspension concentrate based on CiteSpace

LIU Jia¹, LI Huijie¹, LIU Dan¹, XU Hongliang^{2*}

(1. School of Management, Heilongjiang University of Science and Technology, Harbin 150022, China; 2. College of Modern Agriculture and Ecological Environment, Heilongjiang University, Harbin 150080, China)

Abstract: In order to analyze the research progress and development dynamics of pesticide suspension concentrate, the core database of China Knowledge Network (CNKI) and the core collection database of Web of Science (WOS) had been selected, and the CiteSpace visualization software commonly used in bibliometrics research had been adopted to analyze the pesticide suspension concentrate related literature from 1996 to 2024 in a multi-dimensional manner. The study involved trends in the number of literatures, partnerships between authors and institutions, keyword co-occurrence and cluster analysis, etc. It aimed to reveal the current research status, hotspots and future development trends in the field of pesticide suspension concentrate. The research results showed that the hotspots of literature research in CNKI core database mainly focused on the application of suspending agent in various types of pesticides and the prevention and control effects, while the hotspots of literature research in WOS core database focused on the analysis of pesticide suspending agent related technology and biological control. The results of the study could reveal the current research dynamics and provide a reference basis for the future development direction of pesticide suspension concentrate.

Key words: pesticide suspension concentrate; bibliometrics; visual analysis; CiteSpace; research dynamics

农药悬浮剂是一种重要的农药剂型,是农药有效成分以细微颗粒均匀分散在水中形成的多相分散体系。其具有药效良好、生产使用安全、方便等特点,因而受到广泛关注。悬浮剂以水为介质或稀释

剂^[1-2]。与乳油、微乳剂等剂型相比,悬浮剂无需添加有机溶剂,使用时用水稀释即可。此外,悬浮剂还能有效减少粉尘和飘移,降低了对施药人员的危害以及对周围环境的影响^[3]。在农业生产中,农药悬浮剂

收稿日期:2025-03-20

基金项目:中国博士后科学基金(2024M751241);黑龙江省自然科学基金(LH2024C095);黑龙江科技大学引进高层次人才科研启动基金项目(HKD202319)

作者简介:刘佳(1983—),女,哈尔滨人,讲师。研究方向:大数据统计分析。E-mail: liujia1@usth.edu.cn

通信作者:徐洪亮(1983—),男,哈尔滨人,教授,博士生导师。研究方向:新型农药创制与结构减毒。E-mail: xuhongliang@hlju.edu.cn

广泛应用于防治农作物的病虫害,为保障农作物产量和品质发挥着重要作用。

20世纪60年代,英国首次将悬浮技术应用于农药剂型创制^[4];70年代,我国开始农药悬浮剂相关研究^[2]。随着砂磨工艺及设备的持续改进,先进测试仪器设备的广泛应用,以及表面活性剂的深度开发,悬浮剂已成为我国重要的农药剂型,并得到广泛应用。多菌灵、莠去津、百菌清、硫磺、灭幼脲等有效成分悬浮剂产品相继问世。悬浮剂的登记数量持续增长,产品质量得到大幅提升。目前,许多国产悬浮剂产品品质已达到国际先进水平^[5]。

国内外研究者围绕农药悬浮剂的浓度、配方设计、防治效果、减施增效技术及稳定性等方面展开研究,发表大量研究文献,为其研究发展提供了大量的理论支持。本文采用文献计量学中常用的可视化工具CiteSpace,对1996—2024年间农药悬浮剂相关研究文献进行统计^[6]。文章分析了农药悬浮剂领域研究进展及发展趋势,旨在拓展悬浮剂的研究方向,推动新环保制剂的开发,促进低风险农药推广应用,减轻农药环境风险。

1 数据与方法

1.1 数据来源

中文文献数据来源于中国知网(CNKI)核心数据库,检索范围仅限于北大核心期刊。英文文献数据来源于Web of Science(WOS)核心合集数据库。对1996—2024年相关文献从发文量、作者、研究机构、关键词等方面进行可视化分析。

在CNKI数据库中,检索主题为“主题=农药悬浮剂”“主题=农药混悬剂”“主题=农药分散体”“主题=农药胶悬剂”“关键词=农药悬浮剂”或“关键词=农药混悬剂”“关键词=农药分散体”“关键词=农药胶悬剂”^[7]。经文献去重处理后,得到农药悬浮剂研究文献217篇。

在WOS数据库中,以“主题=pesticide suspension concentrate”“主题=suspension formulation of pesticide”“主题=pesticide suspension agent”为检索词检索文献。经去重处理后,获取关于农药悬浮剂研究文献226篇。

1.2 研究工具

CiteSpace是基于Java语言开发的信息可视化图谱绘制软件,能够对相关学科领域研究文献进行计量分析,梳理该学科领域研究热点、发展演化的关键脉络。在此基础上,探究该学科领域前沿发展动

态^[6]。基于CNKI核心数据库和WOS核心合集数据库中检索出的农药悬浮剂研究领域文献数据,使用CiteSpace(6.4.R1)对文献进行合作作者、研究机构、关键词聚类及突现等计量分析,其中将时间设置为1996年1月—2024年12月,时间切片选择1年,中文文献以Refworks格式导出,英文文献以Plain text file格式导出。

2 文献发表情况分析

2.1 发文数量分析

年发文量是衡量科学研究发展的关键指标,能够反映该研究领域知识量增长情况以及研究者的关注程度^[8]。对农药悬浮剂领域的文献发表数量进行统计,绘制年发文量折线图。如图1所示,CNKI核心数据库文献在1996—2010年发文量增长缓慢,年均发文量仅为4.5篇;2011—2014年进入快速增长期,年均发文量增长为15.5篇;2015—2024年波动下降,虽然部分年份有所增长,但总体呈下降趋势,年均发文量降至8.7篇。WOS核心合集数据库文献数量整体呈上升趋势,1996—2018年处于缓慢增长期,年均发文量为3.7篇;2019年后进入快速增长期,年均发文量达到22篇。

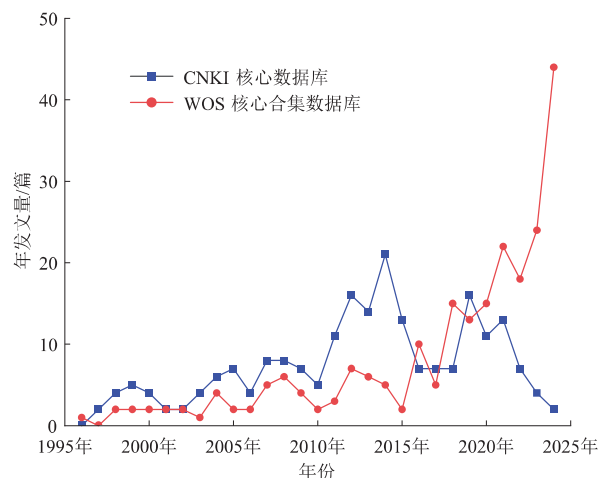


图1 1996—2024年农药悬浮剂研究年发文量

2.2 作者发文量及合作情况分析

在同一研究领域内,作者发文量及作者间合作程度代表该领域的研究水平及发展趋势,且作者间的合作能够聚焦该领域研究方向,促进创新^[9]。将文献数据导入软件CiteSpace,节点类型设置为“合作作者”,其他设置保持默认,绘制作者合作网络图谱。其中,N为节点数量,表示发文作者数量。E为节点间连线数量,表示作者之间合作频次。Density为网络密度,代表图谱中存在的节点连线与可能存在

的节点连线之间的比例,表示作者间合作的紧密程度^[10]。

在CNKI核心数据库中,作者最高发文量为9篇。核心作者数量能反映该领域研究的深度和广度,根据普赖斯定律,计算核心作者最低发文量 M (篇),公式为 $M \approx 0.749 \times \sqrt{N_{\max}}$ ($N_{\max}$ 为发文量最多作者的发文数量,篇)^[11]。将最高发文量9代入公式,得到核心作者最低发文量2.247篇。因此,将发文数量不少于3篇的作者认定为该领域的核心作者,且具有一定影响力。如图2所示,共呈现13名发文量3篇及以上的核心作者。结合节点数量以及节点间连线数量,表明从事农药悬浮剂研究的核心作者尚未形成核心作者群,作者间研究合作关系较为薄弱。此外,以任天瑞和张博为核心的研究团队,在作者合作网络中与其他研究者关系更为密切,其研究侧重于聚合物表面活性剂合成、农药助剂和制剂方面,研究成果提高了农药悬浮剂的稳定性^[12]。

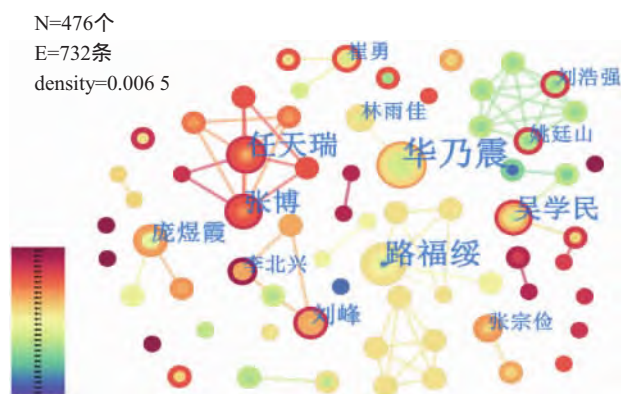


图2 CNKI核心数据库中作者合作图谱

在WOS核心合集数据库中,作者最高发文量为6篇。核心作者最低发文量 M 为1.835篇,即发文数量在2篇及以上的作者为该研究领域的核心作者。如图3所示,共呈现79名发文量2篇及以上的核心作者。在近30年,共有486名作者发表了与农药悬浮剂研究领域相关的文献,并产生832条合作连线,表明农药悬浮剂研究领域已形成系统的核心作者群,作者群整体发文量还有待进一步提升。发文量居前三的作者分别是Cao Lidong(曹立冬,6篇)、Huang Qiliang(黄启良,6篇)、Zhang Zhixiang(张志祥,6篇),以这3位作者为核心的团队在农药悬浮剂研究领域中具有较高影响力。表明中国研究者是农药悬浮剂研究领域的主要力量。此外,以Zhang Zhixiang为中心的作者合作网络与其他研究者的关系更为密切,该团队研究主要聚焦于新型农药制剂的研制^[13]。

N=486个 E=832条 density=0.007 1



图3 WOS核心合集数据库中作者合作图谱

由图2和图3可知,网络密度(density)分别为0.0065和0.0071,作者合作密度较小。表明在农药悬浮剂研究领域,虽然部分作者之间已形成一定规模的研究团队,但在整体上各研究团队之间合作关系相对较弱,团队间沟通协作仍有待加强。

2.3 研究机构发文量及合作情况分析

研究机构在某领域发文量代表研究机构在该领域的影响力^[14]。将节点类型设置为“机构”,其他设置保持默认,绘制机构合作网络图谱。在CNKI核心数据库中,选取发文量在3篇及以上的机构进行分析,共检索到农药悬浮剂研究机构16个,如图4所示。其中,发文量居前3位的机构分别是深圳诺普信农化股份有限公司(9篇)、山东农业大学(8篇)、中国农业科学院植物保护研究所(7篇),研究机构主要集中在国内高校和企业^[10]。在WOS核心合集数据库中,选取发文量在5篇及以上的研究机构进行分析,共检索到农药悬浮剂研究机构13个,如图5所示。其中,China Agricultural University(中国农业大学)发文15篇居首位,Ministry of Agriculture & Rural Affairs(农业农村部)发文13篇, South China Agricultural University(华南农业大学)发文12篇,其余机构发文量均低于12篇。发文量居前三的机构均来自中国,表明我国农药研究机构是农药悬浮剂研究的主要发文力量。国外主要发文机构包括University of California(加利福尼亚大学)和Cairo University(开罗大学)等,发文数量相对较少,均在7篇以下。研究机构主要集中在学术水平较高的高等院校和科研院所。

结合图4、图5的网络密度分析可知,机构合作图谱中的节点分布较为分散,且节点间连线较少。表明开展农药悬浮剂相关研究的机构间沟通合作性不强,并未形成完善的研究机构合作群体,悬浮剂研究较为分散,并且不同地区研究机构之间缺乏合作交流。



图 4 CNKI 核心数据库中研究机构合作图谱



图 5 WOS 核心合集数据库中研究机构合作图谱

2.4 关键词共现分析

关键词是文献主题的高度概括,充分体现文献的研究核心,因此文献计量学将文献出现的高频关键词作为重要分析依据。通过对农药悬浮剂领域相关文献高频关键词共现和聚类分析,能够反映农药悬浮剂当前主要研究热点及未来发展趋势^[15]。图6为CNKI核心数据库的关键词共现图。如图所示,关键词节点数量N为281个,节点连线数量E为595条,网络密度为0.015 1。图谱中显示的节点圆环越大,证明该关键词出现的频率越高^[16]。“悬浮剂”是所有关键词共现中节点圆环最大、出现频次最高的关键词,出现频次为42次,连通70个节点,占总节点数量的24.91%,是该研究领域的核心关键词。其次是“防治效果”“杀菌剂”“分散剂”等。图7为WOS核心合集数据库关键词共现图。如图所示,关键词节点N为477

个,节点连线E为1 519条,网络密度density为0.013 4。关键词“pesticides(农药)”出现频次38次,共连通67个关键词,占总节点数量的14.05%,是农药悬浮剂研究领域的核心关键词。

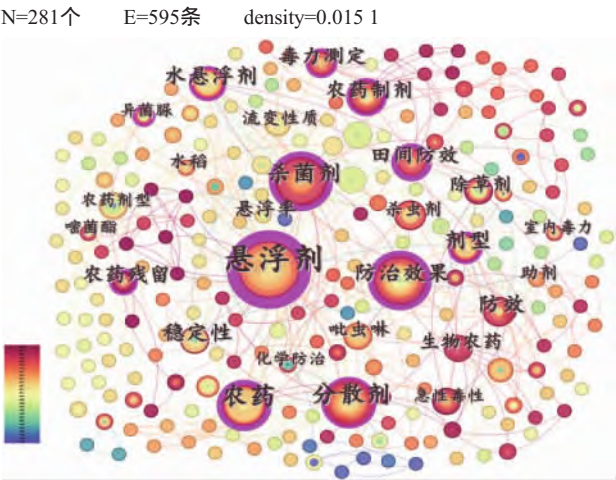


图 6 CNKI 核心数据库中关键词共现图谱

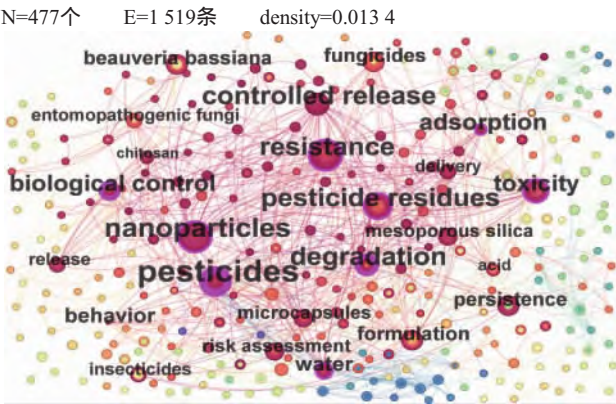


图 7 WOS 核心合集数据库中关键词共现图谱

在关键词共现分析中,关键词中介中心性是网络图谱中关键节点重要程度的评价标准,能够直观展现关键词在网络共现图谱中所处位置及关键词间联系的密切程度。当关键词中介中心性大于0.1时,该关键词视为该网络图谱的关键节点^[17]。将出现频次前10位的关键词信息进行提取分析,如表1所示。

表 1 农药悬浮剂研究高频关键词前 10 位

序号	CNKI数据库			WOS数据库		
	中文关键词	频次	中介中心性	英文关键词	频次	中介中心性
1	悬浮剂	42	0.66	pesticides	38	0.53
2	防治效果	18	0.46	nanoparticles	22	0.19
3	杀菌剂	18	0.33	resistance	20	0.16
4	分散剂	17	0.11	controlled release	17	0.08
5	农药	14	0.26	degradation	17	0.30

(续表 1)

序号	CNKI 数据库			WOS 数据库		
	中文关键词	频次	中介中心性	英文关键词	频次	中介中心性
6	水悬浮剂	10	0.17	pesticide residues	17	0.12
7	杀虫剂	9	0.07	adsorption	14	0.19
8	毒力测定	8	0.13	toxicity	14	0.13
9	剂型	8	0.13	biological control	13	0.23
10	稳定性	8	0.04	behavior	10	0.05

在2个数据库出现频次前10位的关键词中 ,均有8个关键词的中介中心性大于0.1。在CNKI核心数据库中 ,排名前3位的关键词分别为悬浮剂、防治效果和杀菌剂 ,是该研究领域的关键节点。在WOS核心合集数据库中 ,居首位的关键词是pesticides(农药) ,其中介中心性为0.53 ,表明该关键词与其他关键词的联系程度最密切 ,是农药悬浮剂的核心研究热点 ,排名第二的关键词是degradation(降解) ,其中介中心性为0.30 ,是农药悬浮剂研究领域另一个核心研究热点。

2.5 CNKI核心数据库关键词聚类分析

关键词聚类分析是将关键词分类并统计 ,得到相关研究主题总结 ,形成该领域的知识结构。在关键词共现图谱基础上 ,采用对数似然比算法LLR (Log-likelihood Ratio)对聚类进行标记 ,生成关键词聚类图谱 ,展示该领域的研究热点。当模块值(Q值)大于0.3时 ,说明聚类结构具有显著性 ;当轮廓值(S值)大于0.5时 ,说明聚类是合理的 ,大于0.7时 ,说明该聚类具有说服力^[18]。

如图8所示 ,分析得到Q值为0.759 6 ,S值为0.931 1。综合以上2个评价标准 ,说明该聚类分析合理且具有说服力^[7]。聚类序号越小 ,其包含的关键词越多。其中 ,排名靠前的聚类有#0悬浮剂、#2水悬浮剂、#3农药、#4农药剂型 ,悬浮剂作为农药剂型中的重要类型 ,是农药实现高效应用的常见制剂形态。此外 (CNKI)核心数据库中相关热点研究还包括悬浮剂在各类农药中的应用研究、防治效果及安全性研究。

2.5.1 悬浮剂在各类农药中的应用研究

本部分主要从悬浮剂在各类农药中的应用展开分析 ,所包含的关键词聚类有#5杀虫剂、#6杀菌剂、#8除草剂。

经查询CNKI核心数据库 ,悬浮剂是杀虫剂的常用剂型^[19]。杀虫剂悬浮剂相关研究主要集中在剂型加工、药效等方面 ,具有分散性好、附着力强、安全性高等特点 ,对吡虫啉、噻虫嗪、氯虫苯甲酰胺等品

种研究较多^[20-22]。杀菌剂悬浮剂相关研究主要集中在剂型优化、作用机制及应用效果评估等方面 ,对吡唑醚菌酯、戊唑醇等品种研究较为深入 ,在各类农作物病害防治中应用广泛^[23-25]。除草剂悬浮剂研究聚焦于提高除草活性、扩大除草范围及降低对作物药害风险 ,二氯喹啉酸等品种是研究重点^[26]。

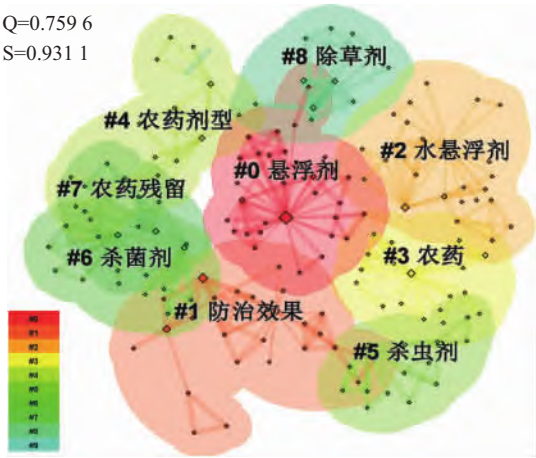


图 8 CNKI 核心数据库中关键词聚类分析图谱

2.5.2 农药悬浮剂防治效果及安全性研究

本部分主要从农药悬浮剂防治效果及农药残留等方面进行分析 ,所包含的关键词聚类有#1防治效果、#7农药残留。

查询CNKI核心数据库 ,现有文献中 ,农药悬浮剂在防治效果方面的研究主要聚焦于配方优化以提升药效 ,以及在各类作物病虫害防治中的实际应用效果评估^[27-28]。在农药残留研究领域 ,重点关注悬浮剂中有效成分在作物及土壤中的消解动态和最终残留量^[29]。农药悬浮剂对环境影响较小 ,能够降低对生态系统的污染风险 ,以及农药对生态环境和食品安全的影响^[30]。

2.6 WOS核心合集数据库关键词聚类分析

如图9所示 ,Q值为0.732 9 ,大于0.7 ,S值为0.918 8 ,大于0.5 ,说明聚类的结构具有显著性 ,可以代表农药悬浮剂研究领域的相关热点。对比中英文数据库

中农药悬浮剂研究热点聚类,发现热点领域存在共同点,都集中在#1 suspension concentrate(悬浮剂)和#2 pesticide residues(农药残留)2个方面,但WOS核心合集数据库文献相关研究更为深入,还包括农药悬浮剂相关技术分析和生物防治等方面。

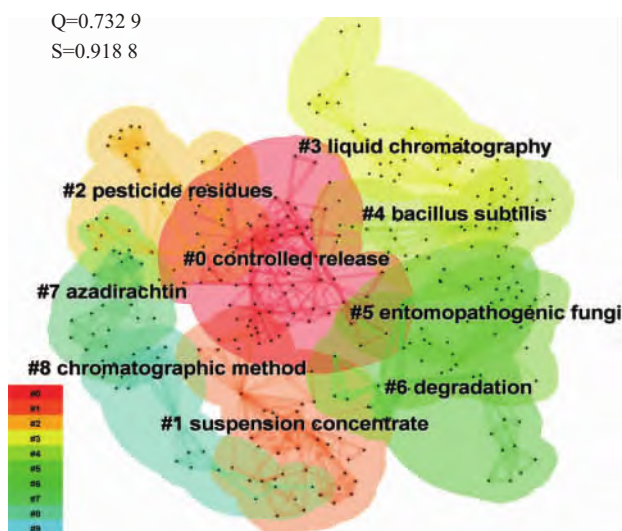


图9 WOS核心合集数据库中关键词聚类分析图谱

2.6.1 农药悬浮剂相关技术分析

该部分主要从农药悬浮剂的相关技术分析展开研究。关键词聚类包括#0 controlled release(控释)、#3 liquid chromatography(液相色谱)、#6 degradation(降解)、#8 chromatographic method(色谱法)。

农药悬浮剂在色谱法和液相色谱方面的研究主要集中在有效成分检测与含量分析,对高效液相色谱(HPLC)的应用研究较多^[31]。其可以准确鉴别出农药悬浮剂中的各种成分及其具体含量,保证产品质量和药效^[32]。

在控释和降解方面的研究主要聚焦于新型控释制剂开发及降解规律探究。控释系统已被广泛开发并用于农业领域,通过减少农药的流失和飘移,

最大限度降低环境污染,提高农药的有效利用率和药效^[33]。通过合理选择配方和优化生产工艺,可以调控农药的降解速率,平衡药效与环境安全性^[34]。

2.6.2 农药悬浮剂生物防治相关研究

该部分主要从农药悬浮剂的生物防治方面展开分析。关键词聚类包括#4 *Bacillus subtilis*(枯草芽孢杆菌)、#5 entomopathogenic fungi(昆虫病原真菌)、#7 azadirachtin(印楝素)。

枯草芽孢杆菌是一种常用的生物防治微生物,常制成悬浮剂^[26]。农药悬浮剂中关于枯草芽孢杆菌的研究主要集中在制剂稳定性提升和生物防治效果优化方面。使用时,悬浮剂良好的分散性使枯草芽孢杆菌能均匀分布,充分发挥抑制病原菌、促进生长等作用。

昆虫病原真菌可作为农药悬浮剂活性成分。其具有环境友好、不易产生抗性等优势,可有效减少化学农药使用,降低环境污染。研究重点在于剂型配方改进以增强孢子活力和侵染能力。与悬浮剂结合后,利用悬浮剂特性,真菌能够更高效附着、扩散,提升了防治效果^[35]。

印楝素是从印楝树中提取的天然杀虫活性化合物,具有高效、低毒等特性,制成悬浮剂时需科学筛选助剂,优化工艺,以形成稳定体系。研究主要围绕提高有效成分稳定性和扩大防治范围,悬浮剂可增强印楝素的附着性和持效期,助剂能提升其对害虫的渗透吸收效率^[36]。

2.7 关键词突现分析

关键词突现分析可以展现近年来该领域的研究热点词^[37]。通过对农药悬浮剂相关文献的关键词突现分析,得出不同时期CNKI核心数据库和WOS核心合集数据库中突现强度最高的25个关键词,如图10所示。红色区域代表该关键词在这一时间段出现频次较高。

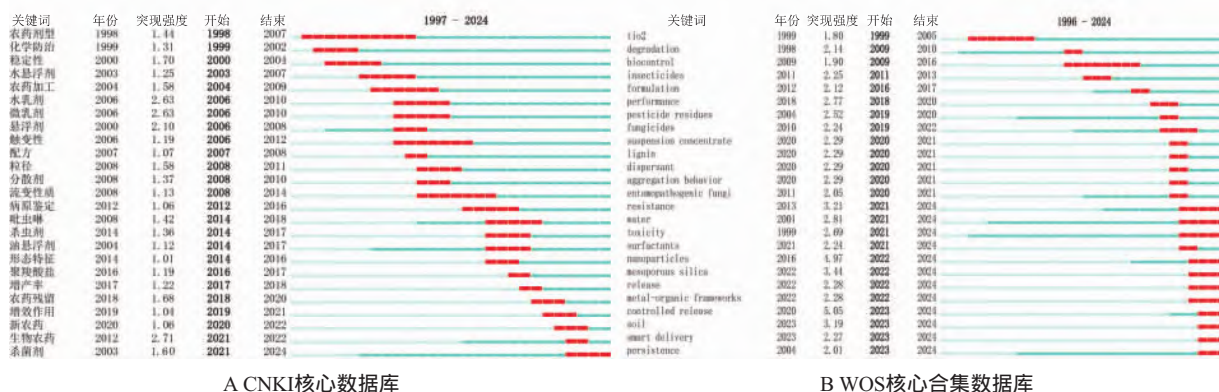


图10 农药悬浮剂突现强度最高的25个关键词

通过对比关键词突现图谱,发现中英文数据库中共同出现的关键词集中在“农药残留”“配方”“杀虫剂”“杀菌剂”等方面,表明国内外学者更加关注如何降低农药残留。对不同农药剂型进行农药残留对比分析,有助于精准评估各剂型在农作物及环境中的残留特性,为科学选用低残留、高效的农药剂型提供依据^[38]。同时更加关注开发环境相容性更好的农药悬浮剂配方,将不同作用机制的杀虫剂、杀菌剂复配,以提高防治效果,助力农药的可持续发展。

此外,关键词突现图谱中突现时间最长的关键词分别为“农药剂型”和“biocontrol(生物防治)”。随着环保和防效要求的不断提高,生物农药制剂被相继研发,并投入使用。Biocontrol利用生物及其代谢产物来控制病虫害,具有环境友好、可持续性强等优点。其可以降低害虫基数,持续控制病虫害种群数量^[39]。

与此同时,关键词突现图谱中突现强度最高的关键词分别为“生物农药”和“controlled release(控释)”。生物农药具有良好的生物活性和环境兼容性,生产加工安全方便^[40]。以微生物、植物源农药等生物农药为有效成分的悬浮剂将得到更多的开发和应用。控释技术为农药悬浮剂的发展提供了新的方向和技术支持,有助于推动农药悬浮剂向更高效、更环保的方向发展^[33]。

3 总结与展望

本文借助CiteSpace软件对CNKI核心数据库和WOS核心合集数据库中1996—2024年农药悬浮剂相关研究文献的发文量、作者及研究机构合作情况、高频关键词、研究热点等方面进行可视化统计分析。

从发文量方面看,CNKI核心数据库中相关文献初期发文量呈现缓慢上升趋势,达到峰值后波动式下降。WOS核心合集数据库中相关文献发文量初期呈现缓慢上升趋势,2019年后呈现快速增长趋势。

从作者及研究机构合作情况看,CNKI核心数据库作者合作中,以任天瑞和张博带领的研究团队内部合作较为频繁。在研究机构合作中,深圳诺普信农化股份有限公司、山东农业大学和中国农业科学院植物保护研究所为主要研究机构。WOS核心合集数据库中,以曹立冬、黄啟良、张志祥为核心的团队发文量较多,有较高的影响力。在研究机构合作中,中国农业大学、农业农村部、华南农业大学发文量较多。此外,国内外作者团队和机构间跨区域合作

研究较少,需要加强不同区域间合作交流。

对农药悬浮剂研究热点分析得出,在CNKI核心数据库中,悬浮剂、防治效果等是农药悬浮剂研究的核心热点,学者们更加关注农药悬浮剂的防治效果,重点对农药悬浮剂在保障农业生产、保护生态环境、助力农业可持续发展、推动农药新产品研发等方面进行深入研究,提高农药防治效果。此外,农药、降解是WOS核心合集数据库中农药悬浮剂的研究热点,表明农药悬浮剂研究领域关注农药本身特性及降解问题,促进农药悬浮剂向提高药效、降低毒性、减少环境污染方向发展。

从关键词突变上看,中英文数据库中重复出现的关键词集中在农药残留、配方、杀虫剂、杀菌剂等方面,表明国内外学者重点聚焦于农药悬浮剂在精准控制农药残留水平、精细化配方设计,以及作为杀虫剂和杀菌剂的实际应用研究,旨在契合农业绿色、高效生产的迫切需求。同时,农药剂型、生物农药、生物防治、控释等关键词也同样受到广泛关注,表明农药悬浮剂会持续融合生物农药绿色环保、低残留的特性,强化与生物防治技术的深度结合,通过技术创新提升制剂的物理化学稳定性,并优化控释体系以增强药效持久性,实现农药悬浮剂向绿色化、高效化方向发展。

农药悬浮剂可从日用化学品、涂料、石油化工、纸浆等领域吸取相关研究经验,与生物农药活性成分深度融合,通过优化制剂配方、创新加工工艺,降低毒性与残留风险,减轻生态环境压力。同时,加强国内外高校、科研机构与企业的深度合作,拓宽研究思路,提高研发水平,提升生产技术,互相学习先进工艺与经验,探索开发出更加绿色、安全以及稳定性高的农药悬浮剂。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 农药剂型名称及代码: GB/T 19378—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [2] 潘立刚,陶岭梅,张兴. 农药悬浮剂研究进展[J]. 植物保护, 2005, 31(2): 17-20.
- [3] 仲苏林. 农药悬浮剂的开发现状和展望[J]. 世界农药, 2010, 32(3): 47-51; 58.
- [4] 张国生,李琳光. 农药悬浮剂的配方技术[J]. 世界农药, 2010, 32(4): 40-47.
- [5] 华乃震. 农药悬浮剂加工难点和解析[J]. 世界农药, 2019, 41(4): 37-47.
- [6] 陈悦,陈超美,刘则渊,等. CiteSpace知识图谱的方法论功能[J].

- 科学学研究, 2015, 33(2): 242-253.
- [7] 郭勇飞, 张小军. 纳米农药研究进展[J]. 世界农药, 2021, 43(4): 1-7.
- [8] 汪自欢, 邢乐, 王蕾. 基于CiteSpace的国内汉服研究现状及趋势分析[J]. 丝绸, 2022, 59(6): 17-26.
- [9] 银霞, 黄建安, 黄静, 等. 基于CiteSpace可视化分析的茶叶香气研究进展[J]. 茶叶科学, 2020, 40(2): 143-156.
- [10] 王作军, 陈思凝, 孙永琪. 西部大开发研究热点演进与未来展望——基于CiteSpace的可视化分析[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2024, 46(9): 112-125.
- [11] 常进锋, 陈果然. 21世纪以来中国健康扶贫研究脉络与展望——基于CiteSpace的可视化分析[J]. 西南民族大学学报(人文社会科学版), 2022, 43(3): 230-240.
- [12] 朱红, 翁雨佳, 任天瑞, 等. 聚氧乙烯醚和聚羧酸盐复配体系在430 g/L戊唑醇水悬浮剂中的应用[J]. 上海师范大学学报(自然科学版), 2020, 49(2): 158-166.
- [13] YANG L P, WANG S Y, MA Q L, et al. Fabrication of sulfoxafloir-loaded natural polysaccharide floating hydrogel microspheres against *Nilaparvata lugens* (Stal) in rice fields[J]. Pest Management Science, 2020, 76(9): 3046-3055.
- [14] 钟海燕, 冷玉婷. 基于知识图谱的成渝地区双城经济圈研究综述[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2020, 26(4): 13-26.
- [15] 曹丽英, 邱玉琦, 陈帅. 基于知识图谱的玉米病虫害研究可视化分析[J]. 东北农业科学, 2022, 47(1): 145-150.
- [16] 庄汝龙, 张晶晶, 于雪洁. 基于CiteSpace的国内外能源-环境-经济研究对比: 现状、热点与展望[J]. 能源研究与管理, 2025, 17(1): 1-13.
- [17] 曾再贵, 傅卓军, 胡政, 等. 基于CiteSpace的草莓病虫害研究知识图谱可视化分析[J]. 农业科技与信息, 2024(4): 67-73.
- [18] 王东军, 朱青青, 余静寅, 等. 基于CiteSpace的舌诊客观化研究领域科学知识图谱与可视化分析[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2021, 23(1): 283-291.
- [19] 刘赵康, 陈方景, 吴松标. 几种杀虫剂防治花椰菜小菜蛾试验初报[J]. 现代农药, 2005, 4(3): 43-44.
- [20] 沈煜洋, 李进, 邓菲菲, 等. 麦叶蜂种群动态及4种杀虫剂对其室内活性与田间防效测定[J]. 农药, 2024, 63(12): 932-936.
- [21] 李杰, 秦敦忠, 刘变娥, 等. 20%氯虫苯甲酰胺纳米悬浮剂粒径优化与特性研究[J]. 农药, 2025, 64(3): 174-181.
- [22] 张金虎, 谢彭超, 王晨阳. 3%噻虫嗪·咪鲜胺种子处理悬浮剂防治小麦根腐病田间药效试验[J]. 河南农业, 2025(3): 66-67.
- [23] 解维星, 谢勇, 王同波, 等. 40%联苯吡菌胺·啉菌酯纳米悬浮剂的研制[J]. 农药科学与管理, 2024, 45(9): 37-41.
- [24] 王夏菲, 程绎南, 周蒲, 等. 丙硫菌唑·戊唑醇悬浮剂高效液相色谱分析[J]. 农药, 2025, 64(2): 115-118.
- [25] 张欣, 扶艳萍, 谢艺贤, 等. 9种杀菌剂对香蕉灰纹病菌的室内毒力测定[J]. 中国南方果树, 2022, 51(4): 68-73.
- [26] CHENG X J, WANG A P, CAO L D, et al. Efficient delivery of the herbicide quinclorac by nanosuspension for enhancing deposition, uptake and herbicidal activity[J]. Pest Management Science, 2024, 80(9): 4665-4674.
- [27] 王泽华, 孙艳艳, 魏书军, 等. 几种杀虫剂对棕榈蓟马的室内毒力与田间防效[J]. 植物保护, 2015, 41(5): 221-224.
- [28] 贾新茹, 袁野, 张月秋, 等. 200 g/L氯虫苯甲酰胺悬浮剂施用于稻田的环境风险评估[J]. 现代农药, 2022, 21(2): 43-48; 55.
- [29] 陈晓, 吕志强, 刘培刚, 等. 3种农药对桑椹菌核病的防治效果与残留检测[J]. 蚕桑通报, 2022, 53(4): 40-42.
- [30] 刁春友, 徐炜枫, 沈娟, 等. 麦穗期不同施药方式下多菌灵残留超标风险研究[J]. 现代农药, 2015, 14(6): 41-43.
- [31] CHEN L, LI F G, ZHANG Z T, et al. Residues and dietary risk assessment of fluazinam in root mustard after field experiments[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2023, 30(19): 56836-56843.
- [32] MARCZEWSKA P, PLONKA M, ROLNIK J, et al. Determination of azoxystrobin and its impurity in pesticide formulations by liquid chromatography[J]. Journal of Environmental Science and Health Part B: Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes, 2020, 55(7): 599-603.
- [33] WANG Y, LI C N, WANG Y X, et al. Compound pesticide controlled release system based on the mixture of poly (butylene succinate) and PLC[J]. Journal of Microencapsulation, 2018, 35(5): 494-503.
- [34] ZHAO P Y, CAO L D, MA D K, et al. Translocation, distribution and degradation of prochloraz-loaded mesoporous silica nanoparticles in cucumber plants[J]. Nanoscale, 2018, 10(4): 1798-1806.
- [35] DEVI P S V, DURAIMURUGAN P, CHANDRIKA K S V P, et al. Novel formulations of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*: an eco-friendly approach for management of lepidopteran pests[J]. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 2020, 36: 78.
- [36] FIABOE K R, FENING K O, GBEWONYO W S K, et al. Bionomic responses of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) to lethal and sublethal concentrations of selected insecticides[J]. Plos One, 2023, 18(11): e0290390.
- [37] 侯耀钧, 陈启斌, 王朝旭, 等. 基于CiteSpace的国内外人工湿地研究动态与未来展望[J]. 环境工程技术学报, 2023, 13(4): 1275-1286.
- [38] 王晓梅, 骆玉琴, 赵学平, 等. 氟吡菌酰胺在铁皮石斛中的残留与膳食风险[J]. 浙江农业学报, 2024, 36(7): 1666-1676.
- [39] WEI Q H, SONG W F, LI X M, et al. Biological control of *Ustilaginoidea virens* using chelerythrine suspension[J]. Pharmacognosy Magazine, 2024, 20(2): 624-631.
- [40] 明亮, 陈志谊, 储西平, 等. 生物农药剂型研究进展[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(9): 125-128.

(编辑: 顾林玲)