

# 国内外生物农药研究的文献计量分析

尹浩宇<sup>1</sup>, 王文珺<sup>2</sup>, 刘 喆<sup>1</sup>, 王 琳<sup>1,3\*</sup>

(1. 河南大学迈阿密学院, 开封 475002; 2. 北京智云达科技股份有限公司, 北京 100085;  
3. 河南大学环境与规划学院, 开封 475002)

**摘 要: 目的** 检索 CNKI 1962-2018 年和 WOS 2000-2019.01 间有关生物农药的文献, 全面了解生物农药的研究现况和发展趋势。**方法** 基于文献计量学原理采用 Vosviewer 软件对相关国家、机构、作者, 文献数量, 研究动向等信息进行分析。**结果** 中国被 WOS 收录的相关文献数量排名第 3 位; 进行生物农药研究的相关科研机构以高校为主, 在国内, 浙江大学发文的被引频率最高, 国际上发文量排名前十的机构大多来自美国, 中国农业科学院被 WOS 收录 32 篇相关文献, 位列第 7。**结论** 国内外有关生物农药的文献总体呈增长趋势, 美国在发文量上占绝对的优势; 中国生物农药领域发文量名列前茅, 但目前在国际间的研究合作较为匮乏, 有待与处于科研前沿的国家加强合作共享成果; 根据 Vosviewer 构建的关键词演化网络图可推测未来生物农药将以生物农药的应用、潜在问题和新型生物农药的研发为主要热点。

**关键词:** 生物农药; 文献计量分析; CNKI; Web of Science; Vosviewer; EndNote

## Bibliometric analysis of biopesticide research at home and abroad

YIN Hao-Yu<sup>1</sup>, WANG Wen-Jun<sup>2</sup>, LIU Zhe<sup>1</sup>, WANG Lin<sup>1,3\*</sup>

(1. Miami College of Henan University, Kaifeng 475002, China; 2. Beijing ZYD Sci & Tech Co. Ltd., Beijing 100085, China; 3. College of Environment and Planning of Henan University, Kaifeng 475002, China)

**ABSTRACT: Objective** To search the literatures on biological pesticides in CNKI from 1962 to 2018 and the literature in WOS from 2000 to 2019 January, to get a comprehensive understanding of the current status and development trends of biological pesticides. **Methods** Based on the principle of bibliometrics, Vosviewer software was used to analyze the relevant countries, institutions, authors, number of documents, research trends and other information. **Results** China was ranked 3rd in the number of related literatures indexed by WOS. The relevant research institutions for biopesticide research were mainly universities. In China, Zhejiang university had the highest citation frequency, and the top 10 international organizations were mostly from the United States. The Chinese Academy of Agricultural Sciences had been included in 32 related literature by WOS, ranking 7th. **Conclusion** The literature on bio-pesticides at home and abroad is generally on the rise, and the United States has an absolute advantage in terms of the amount of publications. Chinese bio-pesticide field is among the best in terms of publications, but there is a lack of research cooperation at the international level, so it is necessary to strengthen cooperation and share results with countries at the forefront of research. According to the keyword evolution network diagram constructed by Vosviewer, it is speculated that the future bio-pesticide will focus on the application of

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(41601175)、河南省高等学校重点科研项目(15A610009)、河南省科技厅项目(182102310661)

**Fund:** Supported by the National Science Foundation of China (41601175), Key Scientific Research Projects of Colleges and Universities in Henan Province (15A610009) and Henan Science and Technology Department Project (182102310661)

**\*通讯作者:** 王琳, 博士, 副教授, 主要研究方向为有机农业研究。E-mail: wanglin@henu.edu.cn

**\*Corresponding author:** WANG Lin, Ph.D, Associate Professor, Henan University, Kaifeng 475002, China. E-mail: wanglin@henu.edu.cn

bio-pesticides, potential problems and the development of new bio-pesticides.

**KEY WORDS:** biopesticide; bibliometric analysis; CNKI; Web of Science; Vosviewer; EndNote

## 1 引言

随着新《食品安全法》的出台,国家对食品安全尤其是对农产品生产安全监管力度的不断加强,一些残留高、毒性大的农药被禁止生产和销售,这种大背景下,生物农药开始进入市场。生物农药是指利用生物资源开发的农药,具有生产原料来源广泛、专一性高、对非靶标生物安全、毒副作用小、对环境兼容性好等特点,已成为全球农药产业发展的新趋势<sup>[1,2]</sup>。

19 世纪以来,随着科学技术的发展,生物农药的研究开始从古老的经验层次(如直接使用草本植物杀虫)上升到实验阶段(如商品化加工制剂)。20 世纪以来微生物学和生物技术的高速发展以及人们环保意识的逐渐增强使生物农药得到快速发展<sup>[3]</sup>。目前生物农药的种类有利用从植物中提取的具有除草、抗菌、杀虫作用的活性物质,通过间接加工或者直接使用的植物源农药、利用昆虫自身产生某些物质来干扰害虫的繁殖和生长的动物源农药、可对微生物活体及其代谢物进行查杀,从而实现灭菌、除草以及杀虫等功能的微生物源农药、通过投放经寄生、捕食等方式实现防治有害生物的活体生物的天敌生物农药以及将特定生物基因导入作物中以达到抗虫害目的的转基因植物农药等<sup>[4-7]</sup>。随着分子生物学技术、细胞工程、蛋白质工程、基因工程、酶工程、发酵工程等高新技术的飞速发展,并逐渐应用到生物农药生产中,生物农药的优势愈发凸显,因此也备受各国相关研究机构的青睐<sup>[8]</sup>,其在农业生产中的需求也在与日俱增<sup>[9-11]</sup>。目前,生物农药较为普遍的定义是利用生物及其基因产生或表达的各种生物活性成分制备出的用于防治植物病虫害、环卫昆虫、杂草、鼠害以及调节植物生长的制剂的总称<sup>[12-15]</sup>。其中较多文献侧重于生物农药在实际农业生产中的应用和效果,如对农作物、林木病虫害的防治和成效<sup>[16-21]</sup>,具体的某种生物农药的施用和影响及其后续研究<sup>[22-27]</sup>,也有一部分着眼于生物农药的发展<sup>[28-31]</sup>,还有部分文献则根据生物农药的推广反映了一些社会和经济问题<sup>[32-35]</sup>。

Vosviewer 是由莱顿大学的 CWTS 研究中心的 Van Eck 和 Waltman 在 2010 年开发的一款文献分析和知识可视化软件,是一款用于构造与可视化文献计量网络的工具,可以对期刊、作者、出版物进行共被引、文献耦合及共作者分析并构建相应的网络演化图<sup>[36,37]</sup>。根据文献计量学原理使用 Vosviewer 对文献进行可视化分析可得出较为全面的分析数据,但国内生物农药领域目前鲜有通过文献计量分析对生物农药的前沿热点和相关科研信息进行较为全面分析的,因此本文借助 Vosviewer 和 EndNote 等软件对国

内外生物农药领域文献进行可视化分析,并对其进行研究热点分析及研究方向预测,以期概括国内外生物农药的研究状况,并且为研究生物农药的学者提供可参考的较为前沿的研究方向和相关建议。

## 2 材料与方法

### 2.1 数据来源和检索方法

本研究的数据来自 CNKI 数据库(包括中文核心、SCI、EI 和 CSSCI 来源的文献)和美国科技信息所(Institute for Scientific Information, ISI)推出的 Web of science 核心合集数据库(WOS),WOS 包括 SCI-E, SS- CI, CPCI- S, CPCI- SSH, CCR- E 和 IC 收录的文献<sup>[38]</sup>。检索时间为 2018 年 12 月 9 日,检索时间跨度为 1962~2018 年,CNKI 以文献为检索大类,以“生物农药”为检索主题,共检索出文献 12260 篇,最早发表于 1962 年。WOS 采用基本检索方式,选择数据库为 Web of Science 核心合集以“Biopesticide”为检索主题,共检索文献 2192 篇,最早发表于 2000 年。

### 2.2 分析方法

分别用 CNKI 中的 EndNote 格式和 WOS 文献信息管理中的“全记录与引用的参考文献”格式输出文献信息数据(含生成的检索报告),作为 EndNote 提取和分析数据源。将建立的 EndNote 数据库输出后全部导入 Vosviewer 进行可视化分析。此外,借助 CNKI 的计量可视化分析功能进行全部检索结果的分析和 WOS 的分析检索结果功能分别对 CNKI 和 WOS 的检索数据进行基于计量学原理分析(因下载限制无法对 CNKI 中 1962~2018 年生物农药领域的 12260 篇文献进行全部分析,因此选用最近 12 年 5650 篇相关文献作代表性分析),使用 Excel 软件中的绘图、统计功能,在对所得检索结果的基础上进行数据合并、去重处理等数据整理后进行指标对比分析。最终得到 CNKI 检索数据的发表年代、主题、研究热点等信息和 WOS 检索数据的发表年代、主要发文国家/地区、研究机构、当前研究热点等信息<sup>[39]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 文献时序分析

1962~2018 年,CNKI 上的生物农药相关发文量总体呈增长趋势(见图 1)。在 1982 年,发文量首次突破 10 篇,自 1993 年起,发文量开始加速增长,在 2008~2018 年期间发文量有波动但总体较为稳定。发文量在 2013 年达到最高 715 篇;其中引用频次最高的 200 篇文献大部分在

1988~2015 年, 其参考文献数量从 1988 年开始稳定增长, 在 2004~2008 年期间波动较大并于 2005 年达到最大值 315 篇, 自此下降极大, 并于 2015 年降至 4 篇, 引证文献数从 1996 年起呈爆发式增长, 于 2010~2015 年期间有较大波动, 在 2014 年达到最大 925 篇, 但自 2016 年起, 引证文献的

数量开始呈断崖式下降, 至 2018 年引证文献数量为 456 篇。由图 2 可知, WOS 数据库中最早的文献刊于 2000 年, 2000~2018 年收录文献数量总体上有微小波动, 但稳中有升, 截至 2018 年 12 月 9 日检索日期, WOS 已收录 2019 年文献 4 篇。

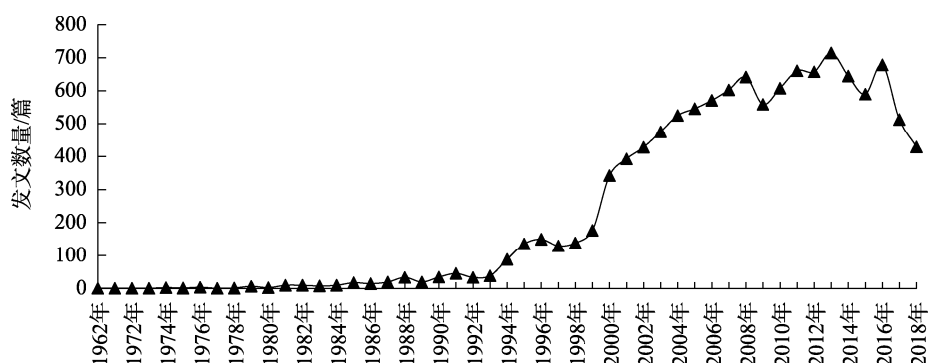


图 1 CNKI 中生物农药相关研究发文量时间序列变化

Fig.1 Temporal trends of the number associated with biopesticide in CNKI

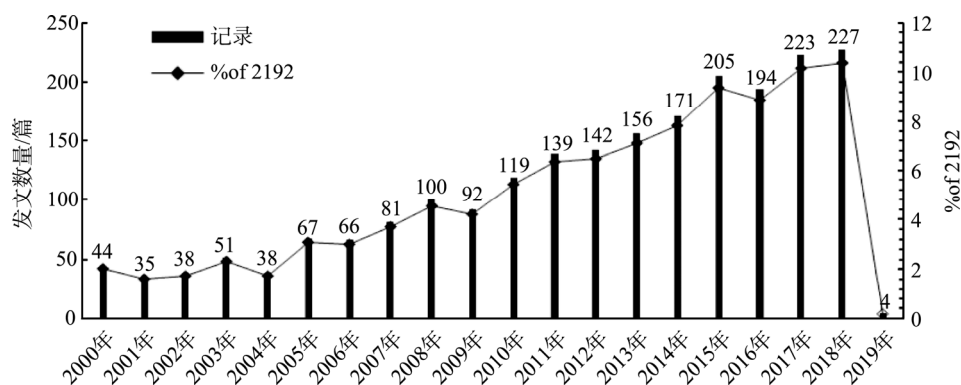


图 2 WOS 中相关研究发文量时间序列变化

Fig.2 Temporal trends of the number associated with biopesticide in WOS

### 3.2 国家和地区发表文献量

通常被 WOS 收录的文献更具权威性, 因此一个国家、地区或机构的被 WOS 收录的文献数量在很大程度上反映了其在相关领域的科研能力和影响力<sup>[40-44]</sup>, 根据 WOS 在线计量可视化分析统计, 发文数量排在前十位的国家依次为美国(515 篇, 占比 23.50%), 印度(283 篇, 占比 12.91%), 中国(205 篇, 占比 9.35%), 巴西(164 篇, 占比 7.48%), 加拿大(140 篇, 占比 6.39%), 英格兰(109 篇, 占比 4.97%), 澳大利亚(105 篇, 占比 4.79%), 意大利(10 篇, 占比 4.79%), 法国(99 篇, 占比 4.52%), 西班牙(77 篇, 占比 3.51%)。由此可见, 美国在生物农药领域的文献收录量遥遥领先, 作为农业大国的中国在该领域占据了第 3 位, 这与中国近年来重视科学技术发展农业有很大的关系<sup>[45-48]</sup>。CNKI 中绝大部分相关文献来自中国, 因此不作赘述。

### 3.3 研究机构

CNKI 中收录文献的被引频次可以反映出在国内相关领域的学术价值和业界的认可度<sup>[49]</sup>, CNKI 中关于生物农药被引频次前 200 名的文献的机构发文数量和占比, 排名前 10 的依次是浙江大学(15 篇, 6.1%)、华南农业大学(13 篇, 5.3%)、中国农业科学院植物保护研究所(12 篇, 4.9%)、南京农业大学(11 篇, 4.5%)、西北农林科技大学(11 篇, 4.5%)、福建农林大学(11 篇, 4.5%)、湖南农业大学(11 篇, 4.5%)、国家环境保护总局南京环境保护科学研究所(8 篇, 3.3%)、沈阳农业大学(8 篇, 3.3%)、中国农业科学院生物防治研究所(7 篇, 2.8%), 上述机构以高校为主, 国内高校在生物农药领域有着更集中的深入研究。

WOS 中检索文献前 10 位的发文机构, 依次是美国农业部农业研究局(USDA ARS, 84 篇, 占比 3.83%)、(美国)

农业科学研究所(ARS, 51 篇, 占比 2.33%)、美国环保局(US EPA, 50 篇, 占比 2.28%)、昆士兰大学(UNIV QUEENSLAND, 41 篇, 占比 1.87%)、佛罗里达大学(UNIV FLORIDA, 40 篇, 占比 1.83%)、魁北克大学(UNIV QUEBEC, 40 篇, 占比 1.83%)、中国农业科学院(CHINESE ACAD AGR SCI, 32 篇, 占比 1.46%)、宾夕法尼亚州立大学(PENN STATE UNIV, 30 篇, 占比 1.37%)、加拿大农业食品公司(AGR AGRI FOOD CANADA, 29 篇, 占比 1.32%)、比萨大学(UNIV PISA, 26 篇, 占比 1.19%), 排名前 10 的机构大部分属于美国, 这与上述中 WOS 下生物农药文献收录量前 10 位国家的状况相符, 而且半数为高校, 可见国内外在生物农药领域的研究均以高校为科研主力。

### 3.4 基金分布

在 CNKI 中生物农药被引频次前 200 名文献的基金组织多为我国相关政策扶持下建立的机构, 其中国家自然科学基金所资助研究的科研项目的相关文献数目最多(19 篇, 占比 8.9%), 排名前 5 位的其余 4 位依次是国家高技术研究发展计划(863 计划)(11 篇, 占比 5.2%), 国家科技攻关计划(10 篇, 占比 4.7%), 中国科学院知识创新工程基金(6 篇, 占比 2.8%), 高等学校博士学科点专项科研基金(4 篇, 占比 1.9%)。

WOS 下生物农药文献的相关基金机构大多数较为分散, 一定程度上与 WOS 收录文献的范围广泛有关, 但 WOS 下来自中国的 205 篇生物农药文献中, 有 57 篇由中国国家自然科学基金(National Natural Science Foundation of China)资助研究, 在收录来自中国的生物农药文献中所占比例高达 27.81%, 并以绝对优势位列 WOS 下生物农药文献前 10 位资助基金机构的第一名(57 篇, 占比 2.59%), 体现出中国在生物农药领域高层次研究成果的资金来源更为集中, 同时这一结果也与国内的生物农药领域基金分布的状况相吻合。前 10 位机构中有 3 所来自巴西, 2 所来自加拿大, 2 所来自英国, 除中国外的其余 9 位依次为加拿大自然科学与工程研究理事会(Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada, 22 篇, 占比 0.99%), 澳大利亚研究理事会(Australian Research Council, 17 篇, 占比 0.77%), (英国)生物技术与生物科学研究委员会(Biotechnology and Biological Sciences Research Council, 14 篇, 占比 0.64%), 巴西科学技术发展委员会(CNPQ, 14 篇, 占比 0.64%), (英国)自然环境研究委员会(Natural Environment Research Council, 13 篇, 占比 0.59%), (巴西)科学技术委员会(Conselho Nacional De Desenvolvimento Cientifico E Tecnologico Cnpq, 12 篇, 占比 0.54%), 巴西基金委员会 CAPES(Coordenacao De Aperfeicoamento De Pessoal De Nivel Superior Capes, 9 篇, 占比 0.41%), (加拿大)魁北克地球环境研究所(Inrs Ete, 9 篇, 占比 0.41%), (美

国)国立卫生研究院(National Institutes of Health, 9 篇, 占比 0.41%)。

### 3.5 学科分布

CNKI 中生物农药领域被引频次前 200 名文献的研究内容所属的学科领域较为集中, 主要有农业科技(145 篇, 占比 46.5%), 工程科学 I 辑(109 篇, 占比 34.9%), 基础科学(30 篇, 占比 9.6%), 经济与管理科学(12 篇, 占比 3.8%), 医学卫生科技(8 篇, 占比 2.6%), 依据我国对学科门类的定义, 这 200 篇文献主要涉及到了农学、工学、理学、管理学与医学等, 且以农学和工学为主<sup>[50]</sup>。在 WOS 数据库中, 排名前 10 位的生物农药文献所涉及的学科依次为昆虫学(Entomology, 511 篇, 占比 23.31%), 生物技术应用微生物学(Biotechnology Applied Microbiology, 417 篇, 占比 19.02%), 农学(Agronomy, 216 篇, 占比 9.85%), 植物科学(Plant Sciences, 209 篇, 占比 9.54%), 微生物学(Microbiology, 176 篇, 占比 8.03%), 环境科学(Environmental Sciences, 159 篇, 占比 7.25%), 生物化学分子生物学(Biochemistry Molecular Biology, 143 篇, 占比 6.52%), 农业综合学(Agriculture Multidisciplinary, 110 篇, 占比 5.02%), 动物学(Zoology, 91 篇, 占比 4.15%), 毒理学(Toxicology, 88 篇, 占比 4.02%), 相较于国内对于生物农药的研究学科及领域, 国际上更侧重生物学的研究, 国内外关于生物农药的研究所涉及的领域也可以宏观地显示出当下的主要研究方向。

### 3.6 研究前沿趋势

使用 EndNote 和 VOSviewer 对 CNKI 数据库中 2007~2018 年生物农药文献的 8454 个关键词进行分析, 出现 10 次以上的关键词共有 456 个, 对这 456 个关键词进行演化网络的构建(图 3)。图中不同节点的大小代表出现频次, 节点所连接簇的数目代表与其他关键词同时出现的频次, 作为研究对象的生物农药在所有关键词中出现的频率最高, 生物农药作为按农药原料来源分类中的一种, 在较多文献中有所提及, 因此生物农药和农药 2 个节点在演化网络中最为突出, 所连接簇的数目也远远超过其他节点。这些其他出现频次最高的关键词依次是生物农药(1596 次)、农药(1155 次)、化学污染物(767 次)、农药剂型(332 次)、乳油(265 次)、病虫害(244 次)、可湿性粉剂(238 次)、农药残留(210 次)、低毒(193 次)、农药行业(171 次)等。由此可知, 目前国内生物农药领域以研究生物农药的应用、潜在问题以及新型生物农药的研发等为主。

对 WOS 数据库中 2192 篇生物农药相关文献进行分析得到 9890 个关键词, 其中出现频次大于 10 次的有 335 个, 对这 335 个关键词进行演化网络的构建(图 4), 频次最高的关键词依旧是生物农药(biopesticide, 385 次), 与国内研究大相径庭的是苏云金杆菌(bacillus thuringiensis, 174 次)、

生物防治(biological-control, biocontrol, 172 次)、阻抗(resistance, 151 次)、毒性(toxicity, 117 次)、生长(growth, 100 次)、昆虫幼体(larvae, 92 次)、金龟子绿僵菌(metarhizium-anisopliae, 92 次)、鳞翅目(lepidoptera, 87 次)、球孢白僵菌(beauveria-bassiana, 87 次), 有着更高的出现频率, 而且通过节点分布可以看出这 335 个关键词所涉及的领域与国内文献相比更为集中也更为具体。

对 CNKI 生物农药文献分析后所构建的高频关键词演化网络中, 农药、化学污染物、农药残留等关键词不可避免地涉及到了化学农药, 事实上国内外的市场上, 生物农药的发展、推广和应用与化学农药休戚相关。化学农药因其成本低、见效快等特点满足了广大基层农户的需求, 而对比传统化学农药, 尽管生物农药具备诸多优势, 但现阶段仍具有投入高、周期长、基本稳定性和具体专一性差、防治谱较窄且药效不确定性高等缺陷, 因此生物农药的广泛推广依旧面临诸多挑战。新型绿色农药的开发研制有力克服了传统农药毒性大、靶标选择性差等弊端, 就植物保护而言, 新型化学农药的效率要高于生物农药, 然而生物农药与化学农药的优势相结合和借鉴势必能够更大程度地提高植物保护能力并降低对环境的危害<sup>[51]</sup>, 目前国内已有生物农药与化学农药共同施用的案例<sup>[52,53]</sup>, 可见生物农药与化学农药的共同施用将会是生物农药发展的一种趋势。

### 3.7 高频被引文献分析

CNKI 中被引频次最高的文献为万方浩等作者所著并在 2000 年刊于《昆虫知识》的《我国生物防治研究的进展及展望》<sup>[54]</sup>, 其被引频次达 269 次。该文对我国生物防治发展历程与成就进行概括, 指出我国具有丰富的天敌资源, 优势种天敌的工业化生产取得了突破性进展, 微生物农药的

研制成就显著, 以及国内生物农药领域填补了杂草生防的空白。在对国内外动物源、植物源、微生物源生物农药进行分析时, 作者着重例举了多种微生物源生物农药的研究成果和实践作用, 这表明在当时微生物源农药已是较为前沿的研究热点, 对比图 3、4 的关键词网络演化图可知, 时至今日微生物源农药的研制依旧是生物农药研究中的重点。

相较于国际生物防治科技的发展趋势, 作者认为尽管我国已步入世界先进行列, 但基础研究不足, 对于国外较为活跃的课题研究, 我国常因条件限制而很少开展, 而我国存在的差距还包括分子生物水平的研究。除科研差距外, 我国在生物农药施用的实践理念方面也存在不足。在对生物农药的发展进行回顾和总结的同时, 作者指出了生物防治的核心问题, 即国内更偏向于对病虫害的治理而非预防, 因此作者提出了重“防”及“防治结合”的理念。生物农药虽具有诸多优势, 但作者认为引进天敌生物必须进行严格的风险和收益评价体系, 且主要针对微生物源农药和转基因作物所具有的潜在生态风险更应作出详实的风险预估。

对于国内生物农药的发展, 作者提出应加强基础研究, 对微生物农药的研究与生产需有新的思路的对策, 并强调了天敌生物的商品化产业化发展将是新的研究趋势。生物农药的发展同时也有赖于推广和政策扶持, 对此, 文中指出, 建立农民田间学校、进行政策引导以及立法等措施可有效推动生物农药的学科和市场发展。

本文在“研究前沿趋势”的内容中就生物农药与化学农药施用进行了简述, 到目前为止, 我国生物农药的使用仍以治理为主要目的, 且生物农药的市场推广效果不尽人意, 而建立农民田间学校、进行政策引导以及立法等措施无疑将会对生物农药的进一步发展起强大的推动作用。

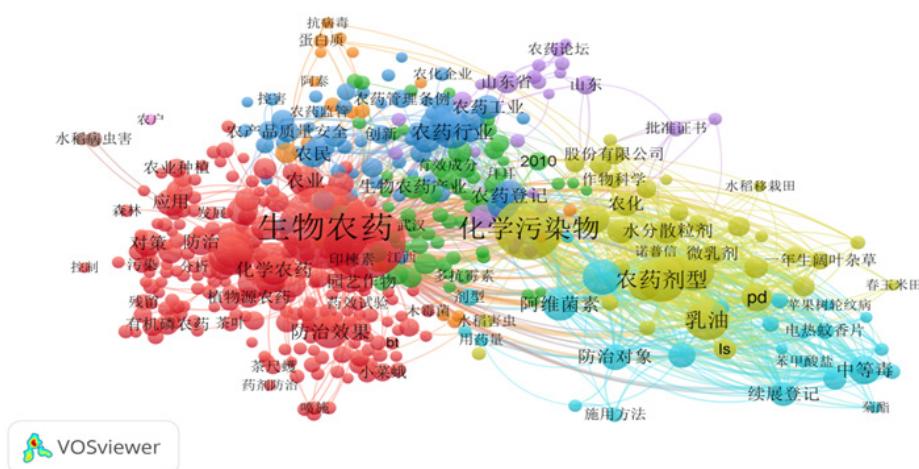


图 3 CNKI 数据库中 2007~2018 年生物农药关键词演化网络  
Fig.3 Network of keywords of biopesticide researches between 2007-2018 in CNKI



- Zheng QW. The global outlook of the biological pesticide market in 2022 [J]. Pesticid Market News, 2017, (1): 49.
- [11] 王金楠. 浅谈生物农药的特点及发展现状[J]. 现代化农业, 2014, (11): 4–5.
- Wang JN. A brief talk on the characteristics and development status of biopesticide [J]. Mod Agric, 2014, (11): 4–5.
- [12] 李树林. 生物农药[J]. 云南农业, 2005, (6): 31–32.
- Li SL. Biological pesticide [J]. Yunnan Agric, 2005, (6): 31–32.
- [13] 王以燕, 袁善奎, 苏天运, 等. 我国生物源农药的登记和发展现状[J]. 农药, 2019, 58(1): 1–5.
- Wang YY, Yuan SK, Su TY, *et al.* The status of the registration and development of the biogenic pesticide in China [J]. Pesticide, 2019, 58(1): 1–5.
- [14] 朱昌雄, 陈守文, 刘放, 等. 我国发酵微生物农药的发展概况与趋势[J]. 生物加工过程, 2003, 1(1): 37–41.
- Zhu CX, Chen SW, Liu F, *et al.* General situation and trend of fermentative microbial pesticides in China [J]. Biolog Proc, 2003, 1(1): 37–41.
- [15] Berini F, Katz C, Gruzdev N, *et al.* Microbial and viral chitinases: Attractive biopesticides for integrated pest management [J]. Biotechnol Adv, 2018, 36(3): 818–838.
- [16] 刘振兴, 周桂梅, 陈健, 等. 几种生物农药对绿豆叶斑病的防治效果[J]. 作物杂志, 2018, (6): 154–157.
- Liu ZX, Zhou GM, Chen J, *et al.* The prevention and control effect of several biopesticide on the leaf spot of mung bean [J]. Crop J, 2018, (6): 154–157.
- [17] 马忠海. 生物防治技术在森林病虫害防治中的应用[J]. 绿色科技, 2018, (23): 163–164.
- Ma ZH. Application of biological control technology in forest pest control [J]. Green Sci Technol, 2018, (23): 163–164.
- [18] 屈欢. 宁夏枸杞蚜虫生物农药防治研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2018, (11): 150–155.
- Qu H. Process in biopesticide control of *Lyciumbarbarum aphid* in Ningxia [J]. Heilongjiang Agric Sci, 2018, (11): 150–155.
- [19] Kamarulzaman PS, Yusup S, Osman N, *et al.* Effectiveness of neem based biopesticide to enhance rice (*Oryza sativa*) productivity [J]. Sustain Chem Pharm, 2018, (7): 36–40.
- [20] Pino-Otin MR, Ballester D, Navarro E, *et al.* Ecotoxicity of a novel biopesticide from *Artemisia absinthium* on non-target aquatic organisms [J]. Chemosphere, 2019, (216): 131–146.
- [21] Campos EVR, Proença PLF, Oliveira JL, *et al.* Carvacrol and linalool co-loaded in  $\beta$ -cyclodextrin-grafted chitosan nanoparticles as sustainable biopesticide aiming pest control [J]. Sci Rep, 2018, 8(1): 7623.
- [22] 王开梅, 万中义, 张志刚, 等. 植物内生放线菌及其作为生物农药开发的潜力[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(23): 6017–6028.
- Wang KM, Wang ZY, Zhang ZG, *et al.* Endophytic actinomycetes and its potential as a biological pesticide [J]. Hubei Agric Sci, 2016, 55(23): 6017–6028.
- [23] Delnat V, Tam TT, Janssens L, *et al.* Daily temperature variation magnifies the toxicity of a mixture consisting of a chemical pesticide and a biopesticide in a vector mosquito [J]. Sci Total Environ, 2019, 659(1): 33–40.
- [24] Ballardo C, Barrena R, Artola A, *et al.* A novel strategy for producing compost with enhanced biopesticide properties through solid-state fermentation of biowaste and inoculation with *Bacillus thuringiensis* [J]. Wast Manag, 2017, (70): 53–58.
- [25] Ramli NH, Yusup S, Quitain AT, *et al.* Optimization of saponin extracts using microwave-assisted extraction as a sustainable biopesticide to reduce *Pomaceacanalculata* population in paddy cultivation [J]. Sustain Chem Pharm, 2019, (11): 23–35.
- [26] 李万里, 包亚星, 林晓婷, 等. 应用白僵菌与绿僵菌及其复配剂防治茶假眼小绿叶蝉[J]. 江西农业大学学报, 2017, 39(4): 699–705.
- Li WL, Bao YX, Lin XT, *et al.* Control over *Empoascavitis Gothe* with *Beauveria bassiana* and *Metarhiziumanisopliae* powder and mixture [J]. Acta Agric Univ Jiangxiensis, 2017, 39(4): 699–705.
- [27] 滕玉凤, 占玉芳, 鲁延芳, 等. 苦参碱-印楝素-吡虫啉生物农药及混剂对枸杞木虱的防效研究[J]. 林业科技通讯, 2016, (1): 33–35.
- Teng YF, Zhan YF, Lu YF, *et al.* Effects of matrine-azadirachtin, imidacloprid and mixture on the control of *Lyciumbarbarum Bemisia* [J]. For Sci Technol, 2016, (1): 33–35.
- [28] 袁善奎, 王以燕, 农向群, 等. 我国生物农药发展的新契机[J]. 农药, 2015, 54(8): 547–550.
- Yuan SK, Wang YY, Nong XQ, *et al.* New opportunities for the development of biopesticide in China [J]. Pesticide, 2015, 54(8): 547–550.
- [29] 王开梅, 张志刚, 刘晓艳, 等. 为生物农药资源挖掘技术研究进展[J]. 生物资源, 2018, 40(4): 293–300.
- Wang KM, Zhang ZG, Liu XY, *et al.* Research progress of biological pesticide resource mining technology [J]. Biotic Res, 2018, 40(4): 293–300.
- [30] 符泽, 邱光. 微生物农药的研发推广及未来发展趋势[J]. 农药市场信息, 2018, (6): 6–10.
- Fu Z, Qiu G. Research and development of microbial pesticide and its development trend in the future [J]. Pestic Market Inform, 2018, (6): 6–10.
- [31] 邱德文. 我国生物农药现状分析与发展趋势[J]. 植物保护, 2007, 33(5): 27–32.
- Qiu DW. Analysis and development trend of biopesticide in China [J]. Plant Prot, 2007, 33(5): 27–32.
- [32] 郭利京, 王颖. 农户生物农药施用为何“说一套, 做一套”? [J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2018, 136(4): 71–80.
- Guo LJ, Wang Y. Why do farmers differ in their words and actions in using biopesticide [J]. J Huazhong Agric Univ (Soc Sci Ed), 2018, 136(4): 71–80.
- [33] 郭利京, 赵瑾. 认知冲突视角下农户生物农药施用意愿研究[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2017, 17(2): 123–133.
- Guo LJ, Zhao J. The study on farmers' willingness to apply biopesticide from the perspective of cognitive conflict [J]. J Nanjing Agric Univ (Soc Sci Ed), 2017, 17(2): 123–133.
- [34] 黄耿. 我国生物农药推广存在的问题与对策研究[D]. 成都: 西南财经大学, 2013.
- Huang G. The study on the problems and countermeasures in the popularization of biopesticide in China [D]. Chengdu: Southwestern University of Finance and Economics, 2013.
- [35] 侯海燕, 郭芳琪, 孙太安. 基于 VOSviewer 的山东省生物技术领域国内及国际研究现状分析[J]. 科学与管理, 2018, 38(2): 25–33.

- Hou HY, Guo FQ, Sun TA. Analysis of the domestic and international research situation of biotechnology in shandong province by VOSviewer [J]. *Sci Manag*, 2018, 38(2): 25–33.
- [36] Craig S, Jabaley MD, Robert F, *et al*. Highly visible sepsis publications from 2012–2017: Analysis and comparison of altmetrics and bibliometrics [J]. *J Crit Care*, 2018, (48): 357–371.
- [37] 丁麟. 基于文献计量的水稻三种主要病害研究水平的国际比较与实证分析[D]. 北京: 中国农业科学院, 2012.
- Ding L. International comparison and empirical Analysis of the Research level of three main diseases of rice based on bibliometrics [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2012.
- [38] 孙鸿飞, 张海涛. 基于文献计量与可视化方法的国内外大数据领域动态研究[J]. *情报科学*, 2018, 36(11): 169–176.
- Sun HF, Zhang HT. Dynamic research on big data field based on document metrology and visualization method at home and abroad [J]. *Inform Sci*, 2018, 36(11): 169–176.
- [39] 贾宝平, 孟婷婷. 基于文献计量学的我国科技报告发展研究[J]. *中国科技信息*, 2017, (22): 30–32.
- Jia BP, Meng TT. Research on the development of science and technology reports in China based on bibliometrics [J]. *China Sci Technol Inform*, 2017, (22): 30–32.
- [40] 孙颖, 原保忠. 基于 WoS 文献计量分析 PM 2.5 研究现状[J]. *中国环境监测*, 2017, 33(3): 16–20.
- Sun J, Yuan BZ. Bibliometrics analysis of research conditions on PM 2.5 based on Web of Science [J]. *Environ Monitor China*, 2017, 33(3): 16–20.
- [41] 李娟. 基于 WoS 数据库的科技期刊国际影响分析[J]. *科技视界*, 2016, (22): 23.
- Li J. International impact analysis of sci-tech journals based on WOS database [J]. *Sci Technol Vis*, 2016, (22): 23.
- [42] 顾东蕾, 武莹, 邱家学, 等. 基于 WOS 的学科发展预测研究[J]. *现代情报*, 2014, 34(6): 32–40.
- Gu DL, Wu Y, Qiu JX, *et al*. Research on discipline development prediction based on WOS [J]. *J Mod Inform*, 2014, 34(6): 32–40.
- [43] 陈雨. WoS 与 Scopus 学科分类对学科竞争力评价结果的影响研究 [D]. 北京: 中国农业大学, 2018.
- Chen Y. Research on the impact of WoS and scopus's discipline classification on the evaluation of disciplinary academic competitiveness [D]. Beijing: China Agricultural University, 2018.
- [44] 徐长春. “十三五”国家重点研发计划农药减施增效类项目述评[J]. *植物保护*, 2018, 44(5): 91–94.
- Xu CC. Review of the national key research and development plan of the 13th five-year plan on pesticide application reduction and efficiency-enhancing projects [J]. *Plant Prot*, 2018, 44(5): 91–94.
- [45] 王珂. 农业种植中生物技术的推广应用研究[J]. *农业与技术*, 2018, 38(16): 38.
- Wang K. Study on the extension and application of biotechnology in agricultural planting [J]. *Agric Technol*, 2018, 38(16): 38.
- [46] 徐春春, 纪龙, 陈中督, 等. 中国水稻生产发展的绿色趋势[J]. *生命科学*, 2018, 30(10): 1146–1154.
- Xu CC, Ji L, Chen ZD, *et al*. Trends of green development of rice production in China [J]. *Chin Bullet Lif Sci*, 2018, 30(10): 1146–1154.
- [47] 张春华. 食品级“香辣蒜素无毒杀虫剂”生物农药技术[J]. *海峡科技与产业*, 2017, (5): 218–220.
- Zhang CH. Food-grade “spicy allacin non-toxic insecticide” biopesticide technology [J]. *Technol Ind Across Strait*, 2017, (5): 218–220.
- [48] 彭黎旭, 韩丙军, 何书海. 印楝生物农药在食品安全方面的应用问题及对策[J]. *安徽农业科学*, 2006, 34(22): 5915–5917.
- Peng LX, Han BJ, He SH. Developing neem biotic insecticides to guarantee food safety [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2006, 34(22): 5915–5917.
- [49] 刘岱, 韦焘. 中国知网与百度学术检索功能比较—从文献被引频次角度分析[J]. *教育教学论坛*, 2018, (15): 47–48.
- Liu D, Wei T. Comparison of academic retrieval function between China national knowledge internet and Baidu-the analysis from the perspective of document citation frequency [J]. *Ed Teach Forum*, 2018, (15): 47–48.
- [50] 国务院学位委员会, 国家教育委员会. 授予博士、硕士学位和培养研究生的学科、专业目录[Z]. 1991–10.
- The Academic Degree Commission Under the State Council, State Education Commission. List of disciplines and specialties that award doctorates, master's degrees and cultivate graduate students [Z]. 1991–10.
- [51] 李贺贺. 试论化学农药与生物农药的内涵与外延[J]. *化工设计通讯*, 2016, 42(2): 171–178.
- Li HH. Chemical pesticides and biological pesticides connotation and denotation [J]. *Chem Eng Design Commun*, 2016, 42(2): 171–178.
- [52] 黄润华, 刘兴德, 钟齐刚, 等. 生物农药与化学农药防治水稻稻纵卷叶螟的效果及应用技术[J]. *农民致富之友*, 2017, (12): 105.
- Huang RH, Liu XD, Zhong QG, *et al*. Effect and application technology of biological pesticide and chemical pesticide on rice leaf roller [J]. *Friend Farm Get Rich*, 2017, (12): 105.
- [53] 郝建宇, 王伟军, 陈文朝, 等. 生物药剂阿泰灵结合化学农药减施在‘脆光’葡萄中的应用[J]. *中国果树*, 2018, (4): 66–68.
- Hao JY, Wang WJ, Chen WC, *et al*. Application of biological agent ateling combined with chemical pesticide in ‘Cui Guang’ grapes [J]. *China Fruit*, 2018, (4): 66–68.
- [54] 万方浩, 叶正楚, 郭建英, 等. 我国生物防治研究的进展及展望[J]. *昆虫知识*, 2000, 37(2): 65–74.
- Wan FH, Ye ZC, Guo JY, *et al*. Progress and prospect of biological control research in China [J]. *Entomolog Knowledg*, 2000, 37(2): 65–74.

(责任编辑: 陈雨薇)

## 作者简介



尹浩宇, 主要研究方向为环境科学。  
E-mail: 384472314@qq.com



王琳, 博士, 副教授, 主要研究方向为有机农业。  
E-mail: wanglin@henu.edu.cn