DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2022.04.013

重要捕食性天敌加州新小绥螨研究文献计量分析

张智慧，　蒋春先，　李庆

四川农业大学 农学院，成都 611130

摘　要：为全面客观呈现国内外加州新小绥螨研究现状，分析总结当前研究重点和未来发展方向.本文基于中国知网 CNKI 和 Web of Science 核心合集数据库数据，利用 CiteSpace 软件开展了加州新小绥螨文献计量学研究.国内外有关加州新小绥螨的研究报道总体呈增长趋势.虽国内相关研究起步较晚，但发展迅速，国内外均形成了多个较为稳定的研究团队.国内外研究内容相似，但侧重不同，主要研究内容为加州新小绥螨捕食能力、环境因素对加州新小绥螨影响、田间应用技术、人工替代食物饲养、药剂安全性评价、三级营养关系等.在药剂安全性评价及田间应用技术方面，国外相关研究更加深入.未来我国加州新小绥螨研究可从人工饲料、三级营养关系、抗药性及抗性机理等方面深入开展.

关　键　词：加州新小绥螨；文献计量学；
CiteSpace；研究现状

中图分类号：S482.2　　**文献标志码**：A

文 章 编 号：2097－1354(2022)04－0098－13

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Bibliometric Analysis of *Neoseiulus california*, An Important Predatory Natural Enemy

ZHANG Zhihui,　JIANG Chunxian,　LI Qing

College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China

Abstract: In order to present the research status of *Neoseiulus californicus* at home and abroad, analyze and summarize the current research focus and future development direction, the bibliometrics study of *N. californicus* was carried out using CiteSpace software based on CNKI and Web of Science database data. The results showed that studies on *N. californicus* showed an increasing trend at home and abroad. Although domestic studies on *N. californicus* started late, but developed rapidly. The number of relatively stable research teams have been formed at home and abroad. The research contents are similar at home and abroad, but the emphasis is different.

收稿日期：2022－07－06
基金项目：国家现代农业产业技术体系四川创新团队(sccxtd-2021-4)；四川省科技计划项目应用基础研究项目(2021YJ0260).
作者简介：张智慧，硕士研究生，主要从事为害虫生物防治研究.
通信作者：李庆，教授.

The main research contents are the predation ability of *N. californicus*, the effect of environmental factors on *N. californicus*, field application technology, artificial alternative food feeding, insecticide safety evaluation, tritrophic interactions, etc. In terms of insecticide safety evaluation and field application technology, foreign studies are more in-depth. Further research on *N. californicus* in China could be carried out from the aspects of artificial diet, tritrophic interactions, insecticide resistance and resistance mechanism.

Key words: *Neoseiulus californicus*; bibliometrics; CiteSpace; research status

加州新小绥螨[*Neoseiulus californicus*(McGregor)]属于节肢动物门(Arthropoda)蛛形纲(Arhnida)蜱螨亚纲(Acari)寄螨目(Parasitiformes)植绥螨科(Phytoseiidae)新小绥螨属(*Neoseiulus*)[1]. McGregor 于 1954 年首次在美国加利福尼亚州的柠檬树上发现该螨，最初命名为 *Typhlodromus californicus*(加州盲走螨)，后又修订为 *Amblyseius californicus*(加州钝绥螨)，1977 年再次修订为 *Neoseiulus californicus*(加州新小绥螨)沿用至今[2]. 加州新小绥螨为世界上的广布种，在欧洲、北美、南美、北非、亚洲等均有分布[3]，栖息于草莓、葡萄、苹果、柑橘、黄瓜、茄子等果树或蔬菜上. 它对二斑叶螨(*Tetranychus urticae*)[4]、朱砂叶螨(*Tetranychus cinnabarinus*)[5]、截形叶螨(*Tetranychus truncate*)[6]等常见害螨有非常强的捕食能力. 加州新小绥螨还具有食物可替代性强、抗逆性强、在田间与害螨的空间分布具有一致性和对杀虫剂有一定抗性等优点[7]. 在螨类的众多天敌中，加州新小绥螨具有较其他天敌更广泛的取食范围和应用范围，从而在农业生产上被广泛应用于害螨的生物防治. 目前加州新小绥螨的部分种群已实现商品化并在多个国家应用于果园和温室多种作物的害虫防治. 国内对加州新小绥螨的研究起步较晚，2009 年由福建省农科院自欧洲引进后开启相关研究. 2010 年，四川农业大学李庆团队在四川省成都地区牵牛花上采到该螨，开始进行本土加州新小绥螨的研究[8].

加州新小绥螨由于其广谱食性、相对强的抗逆能力等优点，作为一种可商品化捕食螨，受到学者和行业的广泛关注. 总结当前研究现状对国内学者深入开展该螨研究以及加速对该螨的开发应用有重要意义. 肖榕等[9]采用传统文献综述法，从加州新小绥螨的繁殖生物学生态学、替代食物饲养繁育、重要害螨防治应用等方面对加州新小绥螨研究现状进行了综述. 然而，传统文献综述方法存在主观性强，部分存在信息遗漏等局限性. 文献计量学是用数学、统计学等计量分析方法研究文献和文献计量特征，从而获取有价值的信息，以探讨科学技术的现状和发展趋势的一门学科[10-11]. 通过对特定学科的文献数量及变化进行动态分析，可以反映出该学科或领域的产生和未来的发展趋势[12]. CiteSpace 是由美国德雷塞尔大学陈超美教授适应大数据时代研究需求，基于 Java 开发用于分析、挖掘及进行科研文献可视化，以清晰呈现某一学术领域趋势和动态的文献计量和可视化的软件[13]. 该软件已在红火蚁(*Solenopsis invicta*)[14]、草地贪夜蛾(*Spodoptera frugiperda*)[15]、寄生蜂[16]等多种昆虫的研究进展分析上有所应用. 目前有关加州新小绥螨的文献计量学的研究还未见报道.

本文采用 CiteSpcace 软件使用文献计量学方法对加州新小绥螨的相关研究进行可视化分析，以期客观揭示加州新小绥螨研究现状，为进一步研究和利用加州新小绥螨提供参考.

1　研究方法

选择中国知网(CNKI)和 Web of Science 数据库作为数据来源. 中文文献来源于中国知网，以“加州新小绥螨”“加州钝绥螨”为检索词，“关键词”“主题”作为检索项，学术期刊和学位论文为文献类型. 经检索国内加州新小绥螨相关研究报道开始于 2011 年，因此确定检索时段为

2011—2022 年(检索截止日为 2022 年 1 月 20 日)，最终检索出相关文献 63 篇，其中期刊文章 40 篇，学位论文 23 篇. 外文文献来源于 WOS 核心合集数据库，以 TI=(*Neoseiulus californicus*)OR TI=(*Amblyseius californicus*) OR AB=(*Neoseiulus californicus*)OR AB=(*Amblyseius californicus*) OR AK=(*Neoseiulus californicus*)OR AK=(*Amblyseius californicus*)为检索式进行高级检索，语种为英语，文献类型为研究论文和综述(Article 和 Review). 经检索国外加州新小绥螨相关报道收录于 WOS 核心合集数据库始于 2007 年，因此确定检索时段为 2007—2022 年，最终检索文献 276 篇，其中国外学者发表 260 篇，国内学者发表 16 篇.

参考吴胜男等[17]、全林发等[18]的方法，采用 CiteSpace 5.8R3 和 Excel 2016 对检索出的相关中外文进行年发文量、国家合作网络、发文机构及作者、发文期刊、高频关键词统计和分析.

2 结果与分析

2.1 年发文量趋势分析

2.1.1 国外学者发文趋势

文献数量随时间变化是研究领域发展演化的重要指标，反映该领域的发展趋势[19]. 加州新小绥螨虽于 1954 年发现，但在 20 世纪后期才开始有关于加州新小绥螨研究的文章正式发表，2007 年开始有文章被收录于 WOS 核心合集数据库中. 从发文数量时间变化看，呈现波动增长的状态(图 1). 从 2007 年发文 10 篇到 2013 年增长到 21 篇，随后发文量虽小幅波动，但年发文量均在 15 篇以上. 2021 年发文量最多，有 26 篇文章收录于 WOS 核心合集数据库. 近 5 年年平均发文量 21.2 篇. 在 2022 年近两个月的时间内，已有 6 篇文章发表.

2.1.2 国内学者发文趋势

由于我国加州新小绥螨本土种群过去长期未被发现，因此前期关注较少，相关研究晚于国外. 国内关于加州新小绥螨的最早报道见于 2011 年，随后发文量总体呈上升趋势，近 5 年年均发文量为 9.8 篇. 国内学者 2016 年开始在外文期刊上发表文章，此后每年均有文章在外文期刊发表.

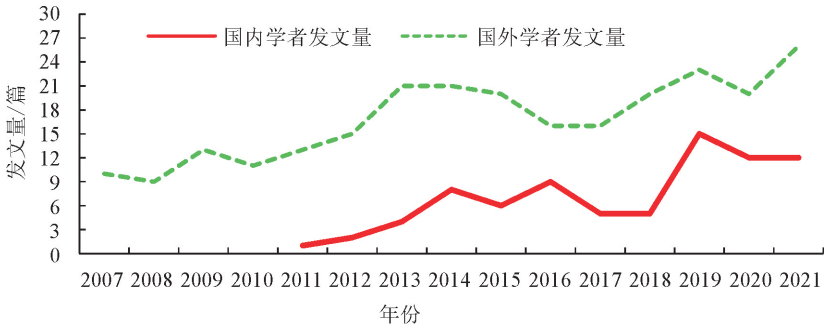

图 1 2007—2021 年国内外加州新小绥螨研究文献发文量

2.2 发文国家、机构及作者分析

2.2.1 国家合作分析

国家合作网络图谱可反应不同国家对于该领域的重视程度及影响力. 图谱中每个节点表明一个国家；节点的大小反映该国家的发文量；节点圈层颜色表示该国家发文时间的变化，颜色越深，表明研究时间越早；节点之间的连线表明两个国家之间存在合作，连接线条越粗表明国家之间的合作越密切；节点出现紫色外圈表明具有较大的中心性，即该节点的国家与其他国家

合作频繁，中心性大于 0.1 则视为中心性高.

基于 WOS 核心库的加州新小绥螨国家合作图谱(图 2)中有 40 个节点，68 条连接，即在全球有 40 个国家参与加州新小绥螨的研究，国家间共有 68 次合作. 从研究时间来看，日本、巴西、美国等为较早进行加州新小绥螨研究且持续开展研究的国家，中国开始较晚但相关研究一直持续. 从合作强度来看，奥地利与以色列、法国与阿根廷、美国与澳大利亚都有相对较强的合作关系. WOS 上发文最多的国家是日本，发文量为 52 篇；其次为巴西发文 44 篇；伊朗发文 30 篇. 中心性最高国家是法国，为 0.50；其次为巴西 0.38，日本 0.36，表明这 3 个国家与其他国家都有较为频繁的合作.

图 2　2007—2022 年加州新小绥螨研究国家合作网络图谱

2.2.2　国外机构及作者分析

图 3 为 WOS 核心合集数据库中有关加州新小绥螨研究国外作者合作图谱. 图谱中每一个节点代表一个作者，节点圈层颜色和连接线颜色表示作者发文时间的变化，颜色越深，表明发文时间越早. 节点的大小反映作者的发文量，节点之间的连线表明两个作者之间存在合作，连接线条越粗表明作者之间的合作越密切. 加州新小绥螨国外作者合作图谱中有 630 个点，1 701 条连接线，表明国外进行加州新小绥螨研究的学者有 630 位，学者间共有 1 701 次合作. 发文量最多的学者是 Peter Schausberger，发文 23 篇；其次是 Andreas Walzer 和 Josep A Jaques，均为 15 篇. 发文量在 10 篇以上的还有 Yaghoub Fathipour，Ghazy Noureldin Abuelfadl，Amano Hiroshi，Suzuki Takeshi，Osakabe Masahiro，Ferla Noeli Juarez 等. 从图中连线可以清晰的看到，发文量较多的学者通过合作形成了 Ghazy Noureldin Abuelfadl-Amano Hiroshi 团队、Yaghoub Fathipour 团队、Peter Schausberger-Andreas Walzer 团队、Josep A Jaques 团队、Tixier Marie-Stephane 团队、Gotoh Tetsuo 团队、Osakabe Masahiro 团队等研究团队. 节点圈层与连线的颜色变化表明，Alberto Urbaneja，Andreas Walzer，Peter Schausberger，Andreas Walzer 等学者在 WOS 核心库发表加州新小绥螨文章较早，后续 Yaghoub Fathipour，Talebi Ali Asghar，Kheradmand Katayoon 等新的学者不断涌现.

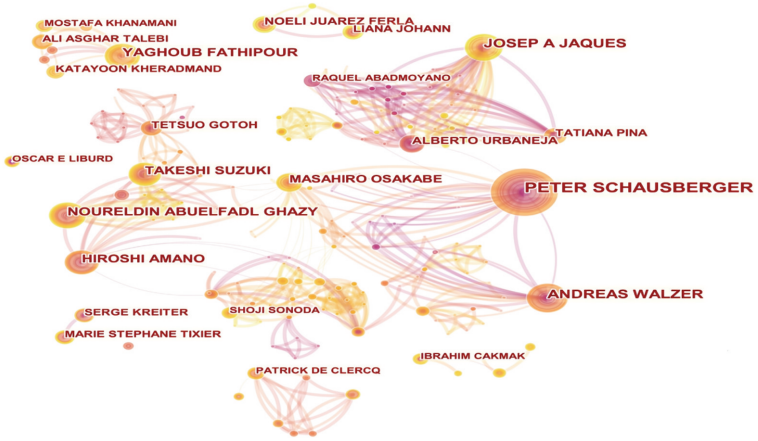

图 3 2007—2022 年 WOS 核心合集数据库有关加州新小绥螨研究国外作者合作图谱

表 1 为 WOS 核心合集数据库有关加州新小绥螨研究发文量排名前 7 的国外机构. 从表中可知，发文量前 7 的机构中，2 个来自日本，2 个来自伊朗. 其中，日本 KYOTO UNIVERSITY 是发文最多的机构，发文 27 篇；奥地利的 UNIVERSITY OF NATURAL RESOURCES LIFE SCIENCES VIENNA 发表了 24 篇文章，排名第 2；西班牙的 UNIVERSITAT JAUME I 发表了 15 篇文章，排名第 3. 此外，伊朗的 TARBIAT MODARES UNIVERSITY 和 UNIVERSITY OF TEHRAN、美国的 UNIVERSITY OF FLORIDA 和日本 CHIBA UNIVERSITY 的发文量均为 12 篇及以上. 同时，上述发文较多的学者也较多隶属于这些机构.

表 1 2007—2022 年 WOS 核心合集数据库有关加州新小绥螨研究发文前 7 的国外机构

机构	发文量/篇	国家	主要研究者
KYOTO UNIVERSITY(京都大学)	27	日本	Osakabe Masahiro
UNIVERSITY OF NATURAL RESOURCES LIFE SCIENCES VIENNA(维也纳自然资源与生命科学大学)	24	奥地利	Peter Schausberger; Andreas Walzer
UNIVERSITAT JAUME I(海梅一世大学)	15	西班牙	Josep A Jaques
TARBIAT MODARES UNIVERSITY (塔比阿特莫达勒斯大学)	14	伊朗	Yaghoub Fathipour
UNIVERSITY OF FLORIDA(佛罗里达大学)	12	美国	Liburd Oscar E
UNIVERSITY OF TEHRAN(黑德兰大学)	12	伊朗	Kheradmand Katayoon
CHIBA UNIVERSITY(千叶大学)	12	日本	Choh Yasuyuki

2.2.3 国内机构及作者分析

图 4、5 表明我国有 95 位学者在国内期刊上发表加州新小绥螨相关文章，学者间有 210 次合作；有 59 位作者在国外期刊发表加州新小绥螨相关文章，彼此间有 180 次合作. 通过文章通讯作者分析，国内形成了李庆团队、徐学农团队、赵伊英团队、张艳璇团队、李敦松团队、金道超团队和符悦冠-陈俊谕团队等 7 个研究团队，分属四川农业大学、中国农业科学院、新疆石河子大学、福建省农业科学院、广东农业科学院、贵州大学和中国热带农业科学院等 7 个不同的研究机构(表 2). 国内各团队间相互独立，合作较少. 四川农业大学李庆团队发文量最多，为 20 篇，其中中文 11 篇、英文 3 篇、硕士学位论文 6 篇. 国内学者发表的有关加州新小绥螨的英文文章较少，英文发文量最多的是宋子伟和徐学农，均为 5 篇.

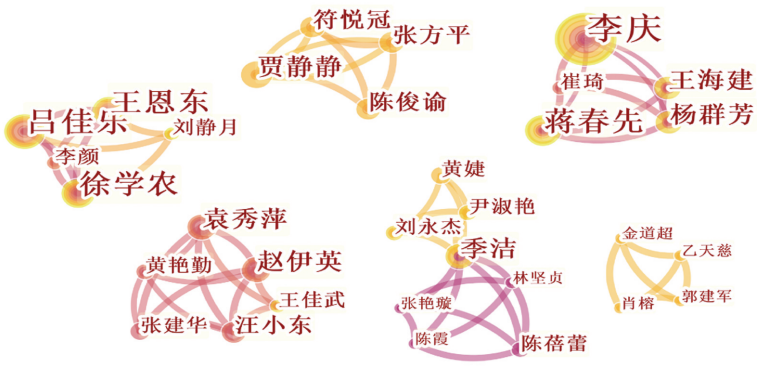

图 4　2011—2022 年 CNKI 数据库有关加州新小绥螨研究国内作者合作图谱

图 5　2016—2022 年 WOS 核心合集数据库有关加州新小绥螨研究国内作者合作图谱

表 2　国内加州新小绥螨主要研究机构及发文量

机构	主要研究团队	中文期刊/篇	英文期刊/篇	学位论文/篇	总发文量/篇
四川农业大学	李庆团队	11	3	6	20
中国农业科学院	徐学农团队	7	5	5	17
新疆石河子大学	赵伊英团队	6	1	2	9
福建省农业科学院	张艳璇团队	5	1	0	6
广东农业科学院	李敦松团队	0	4	0	4
贵州大学	金道超团队	2	2	1	5
中国热带农业科学院	符悦冠-陈俊谕团队	4	0	0	4

2.3　发文期刊分析

国内学者在国内外期刊发表文章 56 篇，其中中文期刊 40 篇，英文期刊 16 篇. 刊登国内学者有关加州新小绥螨研究期刊共 24 本，其中中文期刊 16 本，外文期刊 8 本. 如图 6 所示，中文期刊在《中国生物防治学报》上发表的文章最多，其次为《植物保护学报》和《应用昆虫学报》. 英文主要发表在《SYSTEMATIC AND APPLIED ACAROLOGY(系统与应用蜱螨学)》，目前国内学者有一半英文文章都发表在该期刊上.

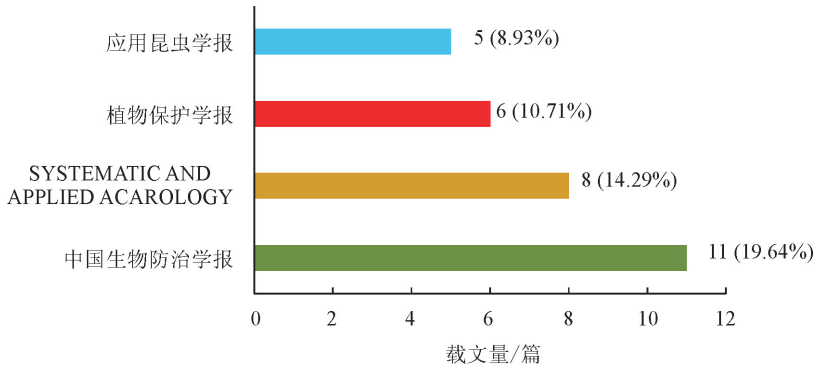

图 6 加州新小绥螨国内研究主要发文期刊

2.4 研究热点分析

关键词是对文献内容和主题的浓缩与概括，对整个领域的高频关键词进行分析，可探究该领域的研究热点与前沿[20]. 利用 CiteSpace 构建关键词共现图谱对高频关键词进行共现分析，可以提取该领域演化趋势和研究热点.

2.4.1 国外研究热点分析

由图 7 所知，在国外研究中出现频次最多的关键词是 *Neoseiulus californicus*(加州新小绥螨)，频次是 106；其次是 Biological Control(生物防治)，频次为 79；再次为 *Tetranychus urticae*(二斑叶螨)，频次为 74. 上述 3 个关键词从 2007 年至今一直存在，说明有关加州新小绥螨的研究主要集中在其生物防治方面，并且国外学者更倾向于以二斑叶螨为猎物开展加州新小绥螨相关研究.

对关键词进行分析表明，国外研究内容主要集中在以下方面：

1)杀虫杀螨物质对加州新小绥螨的安全性评价

从 2007 年起共发表 57 篇相关文章，发文逐渐增加，近 3 年(不含 2022 年)平均发文 5.66 篇/年. 早期主要针对一些常规有机杀虫剂杀螨剂，然后逐步扩展到植物源杀螨剂、植物提取物、昆虫病原真菌和细菌代谢物产物等. 通过毒力测定、生命表参数和捕食能力等对这些杀虫杀螨物质对加州新小绥螨的安全性进行评价，少数学者开展了加州新小绥螨抗药性及抗性机制研究. 研究表明，目前大部分杀虫杀螨物质都对加州新小绥螨有一定副作用，与合成化学品相比，许多天然杀虫杀螨物质的副作用更小，如胡椒精油[21]、鼠尾草和迷迭香提取物[22]、苏云金芽孢杆菌(*Bacillus thuringiensis Cry*)毒素[23]、嗜线虫致病杆菌(*Xenorhabdus szentirmaii*)次生代谢物[24]等对加州新小绥螨的寿命、产卵等影响相对较小. 这些研究为田间加州新小绥螨与农药联合使用提供了参考.

2)加州新小绥螨捕食能力研究

该类研究从 2007 年开始持续开展，共发表 45 篇文献. 通常采用捕食功能反应、捕食偏好以及种群动态调查等评价加州新小绥螨的捕食能力，猎物主要有二斑叶螨、柑橘全爪螨(*Panonychus citri*)、野生叶螨(*Tetranychus desertorum*)、伊氏叶螨(*Tetranychus evansi*)、东方真叶螨(*Eutetranychus orientalis*)、石榴小爪螨(*Oligonychus punicae*)、路易始叶螨(*Eotetranychus lewisi*)、茶跗线螨(*Polyphagotarsonemus latus*)和西花蓟马(*Frankliniella occidentalis*)等害虫. 研究证明了加州新小绥螨对以上大多数害虫都有较强的捕食能力，为加州新小绥螨用于防治上述害虫的田间应用奠定了基础.

3)环境因素对加州新小绥螨生物生态学特性的影响

从 2007 年开始研究，共发文 31 篇. 主要利用生命表技术和捕食功能反应研究温度、湿度、氧气、压强、紫外线、猎物、寄主植物等环境因素对加州新小绥螨生长发育繁殖、耐饥、抗旱及捕食能力的影响. 大量试验证明加州新小绥螨具有较强的抗逆性，可适应多种环境，如在紫外线-b[25]或是在缺氧处理条件下[26]，加州新小绥螨的生存及繁殖都高于猎物，提供了通过环境调控进行害螨防治的思路.

4)加州新小绥螨与其他天敌的集团内捕食关系

包括研究加州新小绥螨与智利小绥螨(*Phytoseiulus persimilis*)、安德森钝绥螨(*Amblyseius andersoni*)、斯氏钝绥螨(*Amblyseius swirskii*)、草茎真绥螨(*Euseius stipulatus*)、*Typhlodromus bagdasarjani* 等其他捕食螨或长角六点蓟马 *Scolothrips longicornis* 等其他天敌之间的集团内捕食关系及对生物防治效果的影响. 加州新小绥螨与其他天敌之间的集团内捕食关系普遍存在，Momen 和 Abdel-Khalek[27]发现，在有二斑叶螨存在的条件下，加州新小绥螨、巴氏新小绥螨(*Neoseiulus barkeri*)与斯氏钝绥螨之间也存在相互捕食的关系. 加州新小绥螨与其他天敌的集团内捕食关系的强弱与猎物密度、个体发育阶段与参与集团内捕食的天敌种类等因素有关，Rahmani 等[28]发现加州新小绥螨、*T. bagdasarjani* 和 *Phytoseius plumifer* 的集团内捕食是一个微弱的力量，在有二斑叶螨的情况下，集团内捕食不会对加州新小绥螨产生明显不利. 适当选择天敌种类相互配合能提高防控效果，如混合释放加州新小绥螨、草茎真绥螨、智利新小绥螨来防治二斑叶螨比单独使用草茎真绥螨更加有效[29]. 研究加州新小绥螨与其他天敌之间的集团内捕食关系可为田间多种捕食螨联合释放技术提供理论支撑.

5)加州新小绥螨田间应用技术

WOS 核心库 2007 年就出现应用加州新小绥螨防治草莓二斑叶螨的报道，发现在早期二斑叶螨种群数量较低时释放加州新小绥螨，可以在整个生长季节持续控制草莓的二斑叶螨[30]. 随后不断探索了加州新小绥螨在番茄、黄瓜、甜椒、柑橘、茄子、梨、葡萄等作物上的应用，证明了加州新小绥螨在多种作物上均能发挥较好的控害能力. 同时讨论了加州新小绥螨田间释放技术、农药与加州新小绥螨联合使用技术、加州新小绥螨释放对田间种群多样性和控害能力影响等，相关研究呈增长趋势. 对于田间应用防控效果评价早期以害螨种群数量调查评估为主，2020 年采用了微卫星标记技术对种群动态进行调查[31]，丰富了防控评价技术.

6)加州新小绥螨人工替代食物饲养研究

相关报告始见于 2008 年，饲养效果评价主要采用生命表技术和捕食能力测定的方法. 最初 Ogawa 等[32]利用酵母、糖类和新鲜蛋黄配制的人工饲料饲养加州新小绥螨，但是不会使雌螨产卵. 随后不同学者通过添加花粉、*Austroglycyphagus lukoschusi*、*Tarsonemus fusarii* 等天然猎物对饲料配方进行优化研究，解决了产卵繁殖问题，提高加州新小绥螨-猎物系统的稳定性和持久性[33]. 近年来，逐步将人工产卵基质考虑到饲养效果中来，发现在人工基质(塑料薄膜)上的饲养效果好于叶片基质[34].

7)植物－害螨－加州新小绥螨三级营养关系研究

该研究内容从 2007 年开始，至今共发表 17 篇文章，其中有 12 篇文章发表于近 5 年，是当前的研究热点，主要包括番茄、草莓、柑橘、葡萄等作物及其相关害螨如二斑叶螨、伊氏叶螨与加州新小绥螨三级营养的关系，涉及害螨和植物挥发物对加州新小绥螨的吸引、加州新小绥螨的嗅觉反应功能、寄主植物品种及叶片形态对加州新小绥螨和害螨扩散分布影响等. 其中，对于植物挥发物和加州新小绥螨的嗅觉反应的研究较为丰富. 植物主要通过分泌植物挥发物吸引

加州新小绥螨来完成植物防御功能，对植物挥发物成分研究，发现水杨酸甲酯[35]对加州新小绥螨有较强的吸引力. Cruz-Miralles 等[36]发现植物防御可由非摄食活动引发. Cabedo-Lopez 等[37]对加州新小绥螨在内的 3 种捕食螨嗅觉反应研究，发现他们的嗅觉反应受植物基因、猎物的存在和捕食螨饮食特点的影响. 除此以外，也有研究证明加州新小绥螨的捕食能力与猎物的寄主植物提供营养有关，提出了通过营养来跨代控制加州新小绥螨的捕食行为反应，从而更好控制害螨的可能性[38]. 除以上内容外，还有部分关于加州新小绥螨分类鉴定、野外种群分布、储藏运输、猎物对加州新小绥螨的反捕食行为、体内共生菌等方面的研究.

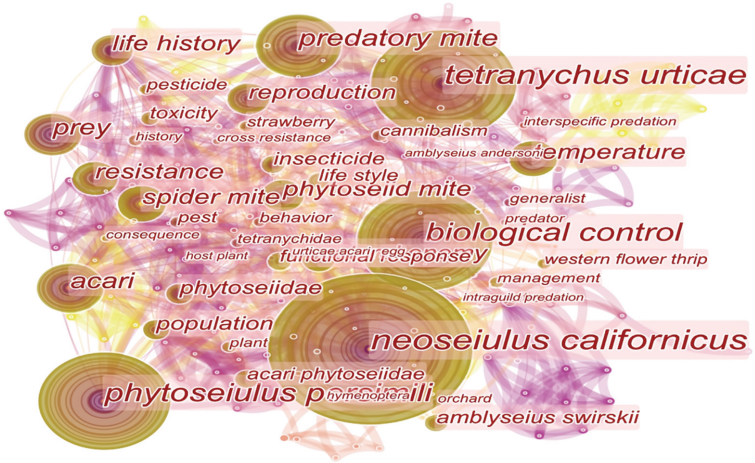

图 7 2007—2022 年 WOS 核心合集数据库加州新小绥螨国外研究关键词共现图谱

2.4.2 国内研究热点分析

经过对国内学者发表论文的关键词进行分析(图 8、图 9)，发现国内学者研究主要集中在以下几个方面：

1)加州新小绥螨捕食能力研究

相关报道最早见于 2013 年，发文量最多，至今共发表文章 31 篇. 国内学者研究了加州新小绥螨对二斑叶螨、朱砂叶螨、柑橘全爪螨、苹果全爪螨(*Panonychus ulmi*)、六点始叶螨(*Eotetranychus sexmaculatus*)、东方真叶螨、侧多食跗线螨(*Polyphagotarsonemus latus*)、土耳其斯坦叶螨(*Tetranychus turkestani*)、截形叶螨、卢氏叶螨(*Tetranychus ludeni*)、西花蓟马等多种害虫的捕食能力，发现加州新小绥螨能较好的控制以上害虫，初步明确了加州新小绥螨在我国的捕食范围，为田间应用奠定了基础. 从研究方法上，捕食功能反应和寻找效应测定是研究捕食能力的主要方法，2020 年首次使用了分子标记和实时荧光定量 PCR 技术建立了加州新小绥螨对二斑叶螨和西花蓟马捕食作用的定性检测和定量评价技术体系[39]，丰富了捕食能力研究技术手段.

2)环境因素对加州新小绥螨生长发育及繁殖的影响

这是国内学者最早开展的研究，相关报道从 2011 年起一直持续至今，集中在利用多种生命表技术研究温度、猎物、光周期等对加州新小绥螨生长、发育、繁殖及性别分化的影响等. 其中对温度影响的研究最为丰富，明确了加州新小绥螨生存繁衍的温度条件，并低温驯化[40]和高温冲击实验[41]为大规模繁育和夏季利用提供了理论基础.

3)加州新小绥螨人工替代食物饲养研究

从 2014 年开始通过调整替代猎物如甜果螨(*Carpoglyphus lactis*)的营养进行饲养研究，

发现通过调整替代猎物外源营养可以促进加州新小绥螨的生长发育和繁殖[42]. 后续开展以花粉为替代食物的饲养技术研究. 近年来，国内学者主要以国外基础饲料为基础，添加天然猎物、花粉、昆虫卵、昆虫血淋巴等对基础饲料进行优化[43]，并通过生命表技术和捕食能力测定评价饲养效果，解决了基础饲料饲养雌成螨无法产卵繁殖的问题，但仍未能达到长期繁育且保持加州新小绥螨捕食能力的水平.

4)加州新小绥螨应用研究

国内有关加州新小绥螨室内扩散规律最早见于 2014 年. 从 2017 年起，陆续有在苹果园[44]、香料[45]等上防治叶螨的田间应用报道，但从田间应用场景、防治对象多样性以及效果评价等与国外还存在一定差距.

5)杀螨剂对加州新小绥螨的安全性评价

2017 年起国内学者通过毒力测定和亚致死效应研究，开展了对哒螨灵[46]、乙唑螨腈、丁氟螨酯[47]、阿维菌素[48]等多种常用杀螨剂的安全性评价，初步明确了常用杀螨剂对加州新小绥螨的毒杀作用，为杀螨剂和加州新小绥螨的使用提供了参考.

6)其他研究

除上述研究外，还有少量关于捕食螨种间竞争关系、共生菌对加州新小绥螨生殖和适合度的影响、形态分类、三级营养关系、加州新小绥螨对猎物化学感受功能的研究等.

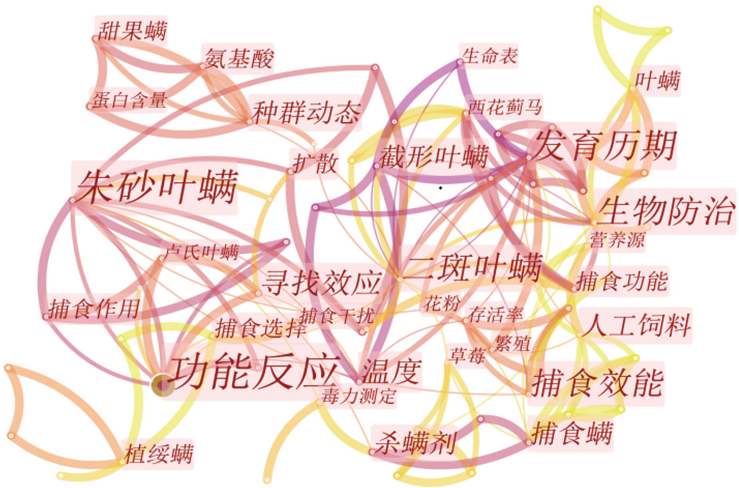

图 8　2011—2022 年 CNKI 数据库加州新小绥螨国内研究关键词共现图谱

图 9　2016—2022 年 WOS 核心合集数据库加州新小绥螨国内研究关键词共现图谱

3 结论与讨论

本文采用 CiteSpace 软件对加州新小绥螨国内外研究进行了文献计量学分析. 国内外有关加州新小绥螨相关研究总体呈现上升趋势，这与当前重视生态环境和农业可持续发展的大背景，以及生物防治在有害生物综合治理和绿色防控中的重要地位密切相关. 国外于 1954 年发现加州新小绥螨，研究历史较长，共有 40 个国家参与加州新小绥螨的研究，这与该螨在世界上广泛分布有关，其中巴西、日本和法国与各国间的合作较为频繁. 我国 2009 年开始引进该螨，2010 年首次采集到该螨本土种群，相对国外研究起步较晚，但发展迅速. 经过 10 余年的发展，我国已形成了多个较为稳定的研究团队，但团队间合作较少. 从研究内容看，国内外研究内容相似，均较为广泛，包括了对害螨的捕食能力、环境因素对其的影响、田间应用技术、人工繁育技术、药剂安全性评价、三级营养关系等. 国外有关药剂对加州新小绥螨的安全性评价发文量最多，这与国外已形成多个加州新小绥螨商品化种群且田间广泛应用有关，而我国该螨的田间应用相对有限，但近 5 年，我国陆续开始有对杀螨剂安全性的报道. 加州新小绥螨的捕食能力研究是国内发文量最多的研究内容，同时也是国外研究中发文量第二多的，说明国内外学者均注重加州新小绥螨的控害能力研究，以期通过研究加州新小绥螨对不同作物上不同猎物的捕食能力，扩大加州新小绥螨的应用范围. 目前国内外有关加州新小绥螨人工饲料研究多通过在基础饲料中添加猎物、花粉等外源物对饲料配方进行优化，但仍未能达到长期繁育且保持加州新小绥螨捕食能力的水平. 另外，就田间应用技术而言，由于国外相关研究开展较早且田间应用较广，相关研究较国内深入多样.

结合目前国内外研究现状，我国有关加州新小绥螨的研究还可从以下几方面合作开展：①继续深入对加州新小绥螨营养需求和人工饲料研究，以期实现低成本简便规模化饲养. ②加强植物—害螨—加州新小绥螨的营养关系研究，如受害螨侵染的植物挥发物对加州新小绥螨的招引作用，开发对加州新小绥螨的引诱剂，提升田间使用控害能力. ③目前使用杀螨剂仍然是防治害螨的重要措施，需加强加州新小绥螨抗药性品系筛选及抗性机理研究，培育抗药性加州新小绥螨，以降低农药施用对捕食螨的影响，提升捕食螨应用效果.

参考文献：

[1] GERSON U, SMILEY R L, OCHOA R. Mites (Acari) for Pest Control[M]. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2003.

[2] BEAULIEU F, BEARD J J. Acarine Biocontrol Agents *Neoseiulus Californicus* Sensu Athias-Henriot (1977) and *N. Barkeri* Hughes (Mesostigmata: Phytoseiidae) Redescribed, Their Synonymies Assessed, and the Identity of *N. Californicus* (McGregor) Clarified Based on Examination of Types[J]. Zootaxa, 2018, 4500(4): 451-507.

[3] TIXIER M S, GUICHOU S, KREITER S. Morphological Variation in the Biological Control Agent *Neoseiulus Californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae): Consequences for Diagnostic Reliability and Synonymies[J]. Invertebrate Systematics, 2008, 22(4): 453-469.

[4] PEREIRA DE SOUSA NETO E, FILGUEIRAS R M C, MENDES J A, et al. Functional and Numerical Responses of *Neoseiulus Idaeus* and *Neoseiulus Californicus* to Eggs of *Tetranychus Urticae*[J]. International Journal of Acarology, 2019, 45(6-7): 395-398.

[5] 李庆，崔琦，蒋春先，等. 加州新小绥螨对朱砂叶螨的控制作用[J]. 植物保护学报，2014，41(3)：257-262.

[6] 汪小东，张建华，黄艳勤，等. 加州新小绥螨对截形叶螨的捕食作用[J]. 西北农业学报，2014，23(2)：39-43.

[7] 蒋春先，税玲，蒲颇，等. 基于两性生命表的以朱砂叶螨为猎物的加州新小绥螨四川种群生长发育、繁殖及捕食率[J]. 中国生物防治学报，2019，35(3)：364-373.

[8] 覃贵勇，李庆. 温度对加州新小绥螨捕食作用影响及高温耐饥饿能力研究[J]. 西南农业学报，2013，26(3)：1034-1037.

[9] 肖榕，乙天慈，郭建军，等. 加州新小绥螨的研究进展[J]. 应用昆虫学报，2019，56(4)：672-677.

[10] 赵蓉英，许丽敏. 文献计量学发展演进与研究前沿的知识图谱探析[J]. 中国图书馆学报，2010，36(5)：60-68.

[11] 范全青，郭维真，凤元杰. 我国文献计量学研究 30 年之发展[J]. 情报资料工作，2009(3)：30-33，60.
[12] 高俊宽. 文献计量学方法在科学评价中的应用探讨[J]. 图书情报知识，2005(2)：14-17.
[13] 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.
[14] 高珂晓，赵彩云. 基于 CiteSpace 分析外来入侵昆虫红火蚁的国内研究进展[J]. 环境昆虫学报，2019，41(6)：1244-1252.
[15] 康钦，张正坤，李启云，等. 草地贪夜蛾防控研究文献计量可视化分析[J]. 植物保护学报，2020，47(4)：719-728.
[16] 翟欣，王露，王龙江，等. 基于 CiteSpace 的国内实蝇科寄生蜂研究可视化分析[J]. 环境昆虫学报，2018，40(6)：1389-1395.
[17] 吴胜男，王晓锋，刘婷婷，等. 基于 CiteSpace 的湿地恢复研究进展[J]. 生态学报，2022，42(3)：1224-1239.
[18] 全林发，陈炳旭，姚琼，等. 基于文献计量学和 Citespace 的荔枝蒂蛀虫研究态势分析[J]. 果树学报，2018，35(12)：1516-1529.
[19] 张增可，王齐，吴雅华，等. 基于 CiteSpace 植物功能性状的研究进展[J]. 生态学报，2020，40(3)：1101-1112.
[20] 祝薇，向雪琴，侯丽朋，等. 基于 Citespace 软件的生态风险知识图谱分析[J]. 生态学报，2018，38(12)：4504-4515.
[21] RIBEIRO N，CAMARA C，RAMOS C. Toxicity of Essential Oils of *Piper Marginatum* Jacq. Against *Tetranychus urticae* Koch and *Neoseiulus californicus*（McGregor）[J]. Chilean Journal of Agricultural Research，2016，76(1)：71-76.
[22] YORULMAZ SALMAN S，OZDEMIR S N，SEVMM S. Toxicity and Repellency of Sage（Salvia Officinalis L.）（Lamiaceae）and Rosemary（Rosmarinus Officinalis L. ）（Lamiaceae）Extracts to *Neoseiulus californicus*（McGregor，1954）and *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot，1957（Acari：Phytoseiidae）[J]. Turkish Journal of Entomology，2018：151-160.
[23] DE CASTRO T R，AUSIQUE J J S，NUNES D H，et al. Risk Assessment of Cry Toxins of *Bacillus Thuringiensis* on the Predatory Mites *Euseius concordis* and *Neoseiulus californicus*（Acari：Phytoseiidae）[J]. Experimental & Applied Acarology，2013，59(4)：421-433.
[24] CEVIZCI D，ULUG D，CIMEN H，et al. Mode of Entry of Secondary Metabolites of the Bacteria *Xenorhabdus szentirmaii* and *X. Nematophila* into *Tetranychus urticae*，and Their Toxicity to the Predatory Mites *Phytoseiulus Persimilis* and *Neoseiulus Californicus*[J]. Journal of Invertebrate Pathology，2020，174：107418.
[25] YUAN L F，OSAKABE M. Dose-Response and Temperature Dependence of the Mortality of Spider Mite and Predatory Mite Eggs Caused by Daily Nighttime Ultraviolet-B Irradiation[J]. Photochemistry and Photobiology，2020，96(4)：877-882.
[26] WANG C H，SUZUKI T，OHYAMA K，et al. Anoxia Treatment for Selectively Controlling Spider Mites *Tetranychus urticae* and *Panonychus citri* with Little Impact on the Predatory Mite *Neoseiulus californicus*[J]. International Journal of Acarology，2016，42(4)：206-211.
[27] MOMEN F M，ABDEL-KHALEK A. Intraguild Predation in Three Generalist Predatory Mites of the Family Phytoseiidae（Acari：Phytoseiidae）[J]. Egyptian Journal of Biological Pest Control，2021，31：8.
[28] RAHMANI H，DANESHMANDI A，WALZER A. Intraguild Interactions among Three Spider Mite Predators：Predation Preference and Effects on Juvenile Development and Oviposition[J]. Experimental & Applied Acarology，2015，67(4)：493-505.
[29] ABAD-MOYANO R，URBANEJA A，HOFFMANN D，et al. Effects of *Euseius stipulatus* on Establishment and Efficacy in Spider Mite Suppression of *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus Persimilis* in Clementine [J]. Experimental & Applied Acarology，2010，50(4)：329-341.
[30] FRAULO A B，LIBURD O E. Biological Control of Twospotted Spider Mite，*Tetranychus urticae*，With Predatory Mite，*Neoseiulus californicus*，in Strawberries[J]. Experimental & Applied Acarology，2007，43(2)：109-119.
[31] MIKAWA Y，AIZAWA M，UESUGI R，et al. Molecular Monitoring of *Neoseiulus californicus* Released from Sheltered Slow-Release Sachets for Spider Mite Control in a Japanese Pear Greenhouse[J]. Experimental & Applied Acarology，2020，80(2)：203-214.
[32] OGAWA Y，OSAKABE M. Development，Long-Term Survival，and the Maintenance of Fertility in *Neoseiulus californicus*（Acari：Phytoseiidae）Reared on an Artificial Diet[J]. Experimental & Applied Acarology，2008，45(3-4)：123-136.
[33] KHANAMANI M，FATHIPOUR Y，TALEBI A A，et al. How Pollen Supplementary Diet Affect Life Table and Predation Capacity of *Neoseiulus californicus* on Two-Spotted Spider Mite[J]. Systematic and Applied Aca-

rology, 2017, 22(1): 135.

[34] KHANAMANI M, BASIJ M, FATHIPOUR Y. Effectiveness of Factitious Foods and Artificial Substrate in Mass Rearing and Conservation of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae)[J]. International Journal of Acarology, 2021, 47(4): 273-280.

[35] SHIMODA T. A Key Volatile Infochemical that Elicits a Strong Olfactory Response of the Predatory Mite *Neoseiulus californicus*, an Important Natural Enemy of the Two-Spotted Spider Mite *Tetranychus urticae*[J]. Experimental & Applied Acarology, 2010, 50(1): 9-22.

[36] CRUZ-MIRALLES J, CABEDO-LÓPEZ M, GUZZO M, et al. Plant Defense Responses Triggered by Phytoseiid Predatory Mites (Mesostigmata: Phytoseiidae) are Species-Specific, Depend on Plant Genotype and may not Be Related to Direct Plant Feeding[J]. BioControl, 2021, 66(3): 381-394.

[37] CABEDO-LÓPEZ M, CRUZ-MIRALLES J, VACAS S, et al. The Olfactive Responses of *Tetranychus urticae* Natural Enemies in Citrus Depend on Plant Genotype, Prey Presence, and Their Diet Specialization[J]. Journal of Pest Science, 2019, 92(3): 1165-1177.

[38] MERLIN B L, FERREIRA L P, GODOY W A C, et al. Functional Response of *Neoseiulus californicus* Preying on *Tetranychus urticae* is Affected by Prey Quality and Host-Plant Acclimation[J]. Biological Control, 2022, 165: 104811.

[39] 杨强强. 加州新小绥螨对二斑叶螨和西花蓟马捕食作用 SCAR 检测和定量评价[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2020.

[40] 税玲, 蒲颇, 李庆, 等. 低温贮藏对加州新小绥螨生物学特性和捕食能力的影响[J]. 植物保护学报, 2016, 43(5): 759-767.

[41] 袁秀萍, 汪小东, 王佳武, 等. 短时高温对加州新小绥螨发育的影响[J]. 应用生态学报, 2015, 26(3): 853-858.

[42] 李颜, 吕佳乐, 王恩东, 等. 酵母粗蛋白及氨基酸含量对甜果螨及以其饲喂的加州新小绥螨繁育的影响[J]. 中国生物防治学报, 2016, 32(1): 25-32.

[43] 刘静月, 吕佳乐, 王恩东, 等. 不同营养源添加的人工饲料对加州新小绥螨的生物学影响[J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(4): 710-717.

[44] 唐文颖, 曲诚怀, 杨勤民, 等. 两种捕食螨对苹果园叶螨的控制效果[J]. 应用昆虫学报, 2021, 58(1): 181-186.

[45] 王佳武. 伊犁地区两种香料作物病虫害种类及生防研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2017.

[46] 张誉心, 蒋春先, 李庆. 哒螨灵对加州新小绥螨的安全性和捕食能力的影响[J]. 中国生物防治学报, 2021, 37(4): 725-731.

[47] 田亚静. 乙唑螨腈和丁氟螨酯对朱砂叶螨及加州新小绥螨的亚致死效应研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2017.

[48] 黄婕, 王蔓, 门兴元, 等. 苹果园 8 种常用药剂对加州新小绥螨的安全性评价[J]. 山东农业科学, 2019, 51(4): 124-127.

责任编辑 苏荣艳