



中国科协学科发展研究系列报告
中国科学技术协会主编

2016—2017

昆虫学 学科发展报告

中国昆虫学会 | 编著

REPORT ON ADVANCES IN
ENTOMOLOGY



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

非外借



中国科协学科发展研究系列报告
中国科学技术协会主编



2016—2017

昆虫学 学科发展报告

中国昆虫学会 | 编著

REPORT ON ADVANCES IN
ENTOMOLOGY

中国科学技术出版社
· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

2016—2017 昆虫学学科发展报告 / 中国科学技术协会主编;
中国昆虫学会编著. —北京: 中国科学技术出版社, 2018.3
(中国科协学科发展研究系列报告)
ISBN 978-7-5046-7930-7

I. ① 2… II. ① 中… ② 中… III. ① 昆虫学—学科发展—
研究报告—中国—2016-2017 IV. ① Q96-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 043994 号

策划编辑	吕建华 许 慧
责任编辑	高立波
装帧设计	中文天地
责任校对	杨京华
责任印制	马宇晨

出 版	中国科学技术出版社
发 行	中国科学技术出版社发行部
地 址	北京市海淀区中关村南大街16号
邮 编	100081
发行电话	010-62173865
传 真	010-62179148
网 址	http://www.cspbooks.com.cn

开 本	787mm × 1092mm 1/16
字 数	350千字
印 张	14.75
版 次	2018年3月第1版
印 次	2018年3月第1次印刷
印 刷	北京盛通印刷股份有限公司
书 号	ISBN 978-7-5046-7930-7 / Q · 210
定 价	75.00元

(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换)



2016—2017

昆虫学学科发展报告

首席科学家 戈 峰

编 委 会 (按姓氏拼音排序)

戈 峰 刘雨芳 鲁 敏 陆宴辉
孙玉诚 王宪辉 张爱兵 朱朝东
邹 振

顾问委员会 (按姓氏拼音排序)

卜文俊 陈学新 高希武 韩日畴
洪晓月 黄大卫 金道超 康 乐
骆有庆 王成树 魏启文 吴孔明
张雅林

学术秘书 孟晓星



党的十八大以来，以习近平同志为核心的党中央把科技创新摆在国家发展全局的核心位置，高度重视科技事业发展，我国科技事业取得举世瞩目的成就，科技创新水平加速迈向国际第一方阵。我国科技创新正在由跟跑为主转向更多领域并跑、领跑，成为全球瞩目的创新创业热土，新时代新征程对科技创新的战略需求前所未有。掌握学科发展态势和规律，明确学科发展的重点领域和方向，进一步优化科技资源配置，培育具有竞争新优势的战略支点和突破口，筹划学科布局，对我国创新体系建设具有重要意义。

2016年，中国科协组织了化学、昆虫学、心理学等30个全国学会，分别就其学科或领域的发展现状、国内外发展趋势、最新动态等进行了系统梳理，编写了30卷《学科发展报告（2016—2017）》，以及1卷《学科发展报告综合卷（2016—2017）》。从本次出版的学科发展报告可以看出，近两年来我国学科发展取得了长足的进步：我国在量子通信、天文学、超级计算机等领域处于并跑甚至领跑态势，生命科学、脑科学、物理学、数学、先进核能等诸多学科领域研究取得了丰硕成果，面向深海、深地、深空、深蓝领域的重大研究以“顶天立地”之态服务国家重大需求，医学、农业、计算机、电子信息、材料等诸多学科领域也取得长足的进步。

在这些喜人成绩的背后，仍然存在一些制约科技发展的问題，如学科发展前瞻性不强，学科在区域、机构、学科之间发展不平衡，学科平台建设重复、缺少统筹规划与监管，科技创新仍然面临体制机制障碍，学术和人才评价体系不够完善等。因此，迫切需要破除体制机制障碍、突出重大需求和问题导向、完善学科发展布局、加强人才队伍建设，以推动学科持续良性发展。

近年来，中国科协组织所属全国学会发挥各自优势，聚集全国高质量学术资源和优秀人才队伍，持续开展学科发展研究。从2006年开始，通过每两年对不同的学科（领域）分批次地开展学科发展研究，形成了具有重要学术价值和持久学术影响力的《中国科协学科发展研究系列报告》。截至2015年，中国科协已经先后组织110个全国学会，开展了220次学科发展研究，编辑出版系列学科发展报告220卷，有600余位中国科学院和中国工程院院士、约2万位专家学者参与学科发展研讨，8000余位专家执笔撰写学科发展报告，通过对学科整体发展态势、学术影响、国际合作、人才队伍建设、成果与动态等方面最新进展的梳理和分析，以及子学科领域国内外研究进展、子学科发展趋势与展望等的综述，提出了学科发展趋势和发展策略。因涉及学科众多、内容丰富、信息权威，不仅吸引了国内外科学界的广泛关注，更得到了国家有关决策部门的高度重视，为国家规划科技创新战略布局、制定学科发展路线图提供了重要参考。

十余年来，中国科协学科发展研究及发布已形成规模和特色，逐步形成了稳定的研究、编撰和服务管理团队。2016—2017学科发展报告凝聚了2000位专家的潜心研究成果。在此我衷心感谢各相关学会的大力支持！衷心感谢各学科专家的积极参与！衷心感谢编写组、出版社、秘书处等全体人员的努力与付出！同时希望中国科协及其所属全国学会进一步加强学科发展研究，建立我国学科发展研究支撑体系，为我国科技创新提供有效的决策依据与智力支持！

当今全球科技环境正处于发展、变革和调整的关键时期，科学技术事业从来没有像今天这样肩负着如此重大的社会使命，科学家也从来没有像今天这样肩负着如此重大的社会责任。我们要准确把握世界科技发展新趋势，树立创新自信，把握世界新一轮科技革命和产业变革大势，深入实施创新驱动发展战略，不断增强经济创新力和竞争力，加快建设创新型国家，为实现中华民族伟大复兴的中国梦提供强有力的科技支撑，为建成全面小康社会和创新型国家做出更大的贡献，交出一份无愧于新时代新使命、无愧于党和广大科技工作者的合格答卷！



2018年3月



序 / 韩启德

综合报告

昆虫学学科发展研究 / 003

一、引言 / 003

二、昆虫学总体发展趋势 / 004

三、昆虫学近年的最新研究进展 / 010

四、昆虫学学科国内外进展比较 / 029

五、昆虫学学科发展趋势与展望 / 032

参考文献 / 038

专题报告

昆虫基因组学研究 / 043

昆虫分子生物学研究 / 069

媒介昆虫学研究 / 090

传粉昆虫学研究 / 113

入侵昆虫学研究 / 131

全球变化昆虫学研究 / 151

害虫综合防治研究 / 171

中国昆虫学研究的计量分析研究 / 189

ABSTRACTS

Comprehensive Report

Research on Development of Entomology / 203

Reports on Special Topics

Advances in the Research of Insect Genomics / 213

Advances in Insect Molecular Biology / 214

Advances in Vector Entomology / 215

Advances in the Research of Insect Pollinators / 216

Advances in Invasive Entomology / 218

Advances in Insects Response to Global Change / 219

Advances in Pest Control / 220

Advances in Bibliometric Analysis on Chinese Entomology Researches (2011–2016) / 222

索引 / 223



综合报告

昆虫学学科发展研究

一、引言

昆虫是地球上物种多样性最高、数量最多、生物量最大的动物群体，也是地球上进化最成功的无脊椎动物，它们广泛分布在水域、森林和农业生态系统中，与人类生产及生活关系密切。一方面，昆虫为人类提供食物、药物、功能食品、工业原料，有传粉、转化有机物参与物质循环等许多功能，而且昆虫繁殖率高、生活周期短、容易大量饲养，是研究基本生物学问题的良好材料。另一方面，有些昆虫是农牧业的害虫，每年造成损失约2800亿美元，损失占作物总产量的14%，且所造成的损失呈逐年增加的态势；而且部分昆虫传播疾病，影响人类健康。因此，开展昆虫学研究具有重要的理论意义和实践价值。

长期以来，对有益昆虫的保护与利用、主要卫生害虫和农业害虫的发生规律和防治方法等，人们进行了多维度的研究，取得了一系列重要成果。近年来，分子生物学的快速发展以及昆虫学学科与生物信息学、信息技术与计算机技术、食品与安全等的交叉渗透，极大地推动了昆虫学研究进程，扩大了昆虫学研究领域。如彗星试验被应用于研究昆虫的DNA损伤，也被应用于环境风险评估，还被用于对昆虫变态、蜕皮、滞育等生命现象的认识。转录组测序的普及以及基因编辑（gene editing）技术的成功已经打破了模式生物与非模式生物的界限，为研究农业害虫防治提供了技术。通过高通量测序结合生物信息学的预测工具，从黑腹果蝇（*Drosophila melanogaster*）、小菜蛾（*Plutella xylostella*）等昆虫中鉴定出大量长链非编码RNA（long noncoding RNA, lncRNA），为进一步探究lncRNA在昆虫生长发育过程中的功能奠定了重要基础。对昆虫RNA干扰（RNAi）的研究，为分析昆虫基因功能、控制害虫种群、减少疾病的病原体等研究领域提供了很多机遇，可为未来害虫管理策略提供启示。通过研究单个或群体昆虫的运动，结合实验生物学和生物医学工程，开发昆虫机器人（insect biobot），如蟑螂 biobots 与甲虫 biobots，可应用于大型机器人

无法到达的建筑废墟里完成勘探和测绘任务，协助紧急救援工作。

昆虫学以昆虫为研究对象，主要研究昆虫的形态学、生物学、分类学、生理学、生态学、行为学、生物化学和遗传学等。在学科发展过程中，昆虫学逐渐形成了许多分支学科。按照基础昆虫学科类别可以分为：昆虫分类区系学、昆虫生理与分子生物学、昆虫生态学、药剂毒理学；根据应用的对象可以分为：农业昆虫学、林业昆虫学、医学昆虫学；根据防治与保护昆虫的目的可以分为：生物防治、化学防治、资源昆虫、城市昆虫等。近年来，随着基因组学和信息科学的发展与交叉融合，以昆虫基因组学、昆虫分子生物学、媒介昆虫学、传粉昆虫学、入侵昆虫学、全球变化昆虫学、害虫综合管理等新兴昆虫学分支学科发展尤为迅速。

在 2011—2012 年的昆虫学发展报告中，我们已经对昆虫分类区系、昆虫生理生化与分子生物学、昆虫生态学、昆虫毒理学、害虫生物防治学、害虫综合防治学、资源昆虫保护利用和外来入侵昆虫学等昆虫分支学科的发展进行了很好的总结。^[1] 本研究报告根据学科发展研究报告的要求，借助文献计量学的方法，对昆虫基因组学、昆虫分子生物学、媒介昆虫学、传粉昆虫学、入侵昆虫学、全球变化昆虫学、害虫综合管理等新兴昆虫分支学科的发展进行了研究，分析了我国 2012—2016 年近五年来昆虫学发展的现状，总结了国内外昆虫学研究的新进展、新成果、新见解、新观点、新方法、新技术，制定了我国昆虫学未来发展的规划与战略，提出了昆虫学未来发展的方向与优先发展领域，希望有助于提升我国昆虫学研究的原始创新和集成创新能力。

二、昆虫学总体发展趋势

昆虫学是我国重要的学科之一。目前中国昆虫学学会的会员大约 11900 人，从事昆虫学研究的机构 112 个，主要分布在全国各地的农业院校、农科院所、综合性大学和中国科学院等部门。其中，有 37 个单位具有昆虫学硕士学位授权点，28 个单位具有昆虫学博士学位授权点，有 22 个单位具有博士后流动站。博士、硕士授权点主要集中各省的农业院校；而博士后流动站的分布北京、江浙及华南地区的高校和科研院所。

（一）中国昆虫学在国际上的地位

从近年昆虫学文献计量分析来看，我国在国际上发表的昆虫学研究论文数量排名第二，引用率也排名第二，这说明中国昆虫学研究在国际上有很强的竞争力了。进一步借助于 WOS 数据库，共检索 2011—2016 年我国昆虫学研究者发表的 SCI 文献 6589 篇。而且各年 SCI 文献量（见图 1）显示，整体态势呈现显著增长趋势，2016 年较 2011 年增长 91.93%，年度增长速率以 2014 年最快，较 2013 年增长 19.44%。

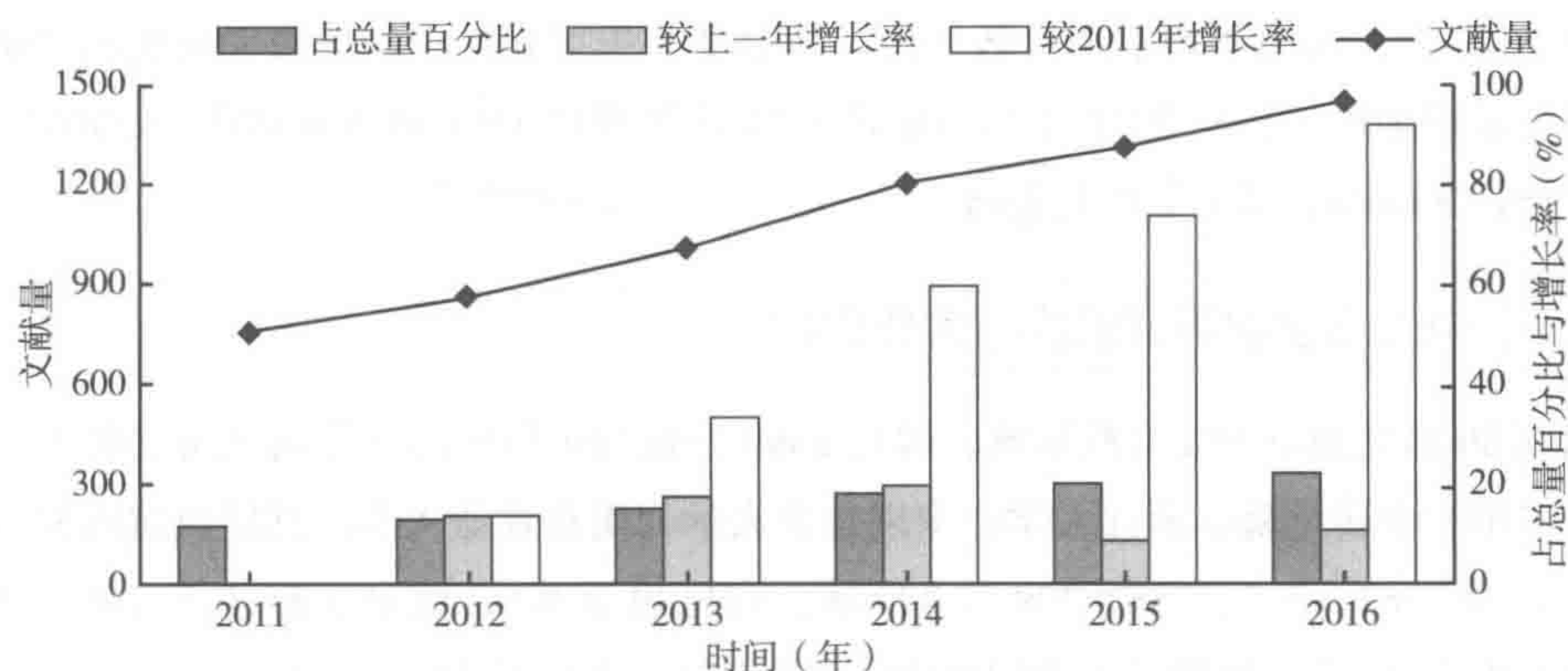


图 1 2011—2016 年中国昆虫学发表的 SCI 论文量

在 6589 篇发表的 SCI 文献中，被引频次总计 40649 次，篇均引用次数 6.17，H-index = 57。从引文分析可知，中国昆虫学科近年的 SCI 文献被引用量增加迅速，从 2011 年的引用频次 303 次迅速增加到 2016 年被引用 14751 次，5 年的引用频次增长 47.68 倍，呈显著增长趋势（图 2）。



图 2 2011—2016 年中国昆虫学发表的 SCI 论文引用频次

2011—2016 年，从 CSCD 数据库共检索到中国昆虫学研究者昆虫学科发表论文被 CSCD 收录 4720 篇，在生物学其他学科领域、农业科学学科领域及医学（预防医学、卫生学）发表的与昆虫学相关的研究论文被 CSCD 收录 1991 篇，总计 6711 篇。经去重合并，得到中国昆虫学研究者在 2011—2016 年在国内发表昆虫学相关研究论文被 CSCD 收录 6407 篇。2011—2016 年各年度的收录文献量整体态势呈现减少趋势，以 2015 年减少幅度最大，较上一年减少 16.59%，2016 年较 2011 年减少 35.10%。

在被昆虫学科范围内收录的 4720 篇 CSCD 文献中，被引频次总计 5263 次，每项平均引用次数 1.12。在被生物学其他学科领域（昆虫学科除外）、农业科学学科领域及医学（预防医学、卫生学）学科范围内被收录的与昆虫学研究相关的 1991 篇 CSCD 中，被引频

次总计 2378 次，每项平均引用次数 1.19。从引文分析可知，中国昆虫学研究的 CSCD 文献被引用量增加迅速，从 2011 年的引用频次 68 次迅速增加到 2016 年被引用 2316 次，引用频次增长 3306%，呈显著增长趋势。

(二) 中国昆虫学研究机构与合作单位

从 6589 篇昆虫学 SCI 文献来看，源自 2899 个机构中位居前 5 位的机构依次为中国科学院、中国农业科学院、浙江大学、中国农业大学与南京农业大学，其昆虫学研究 SCI 文献量分别为 1383、703、548、409 与 370 篇，占昆虫学 WOS 收录文献的 51.79%。其中，文献量不小于 94 篇的机构进入中国昆虫学研究 SCI 文献量前 20 位（图 3）。

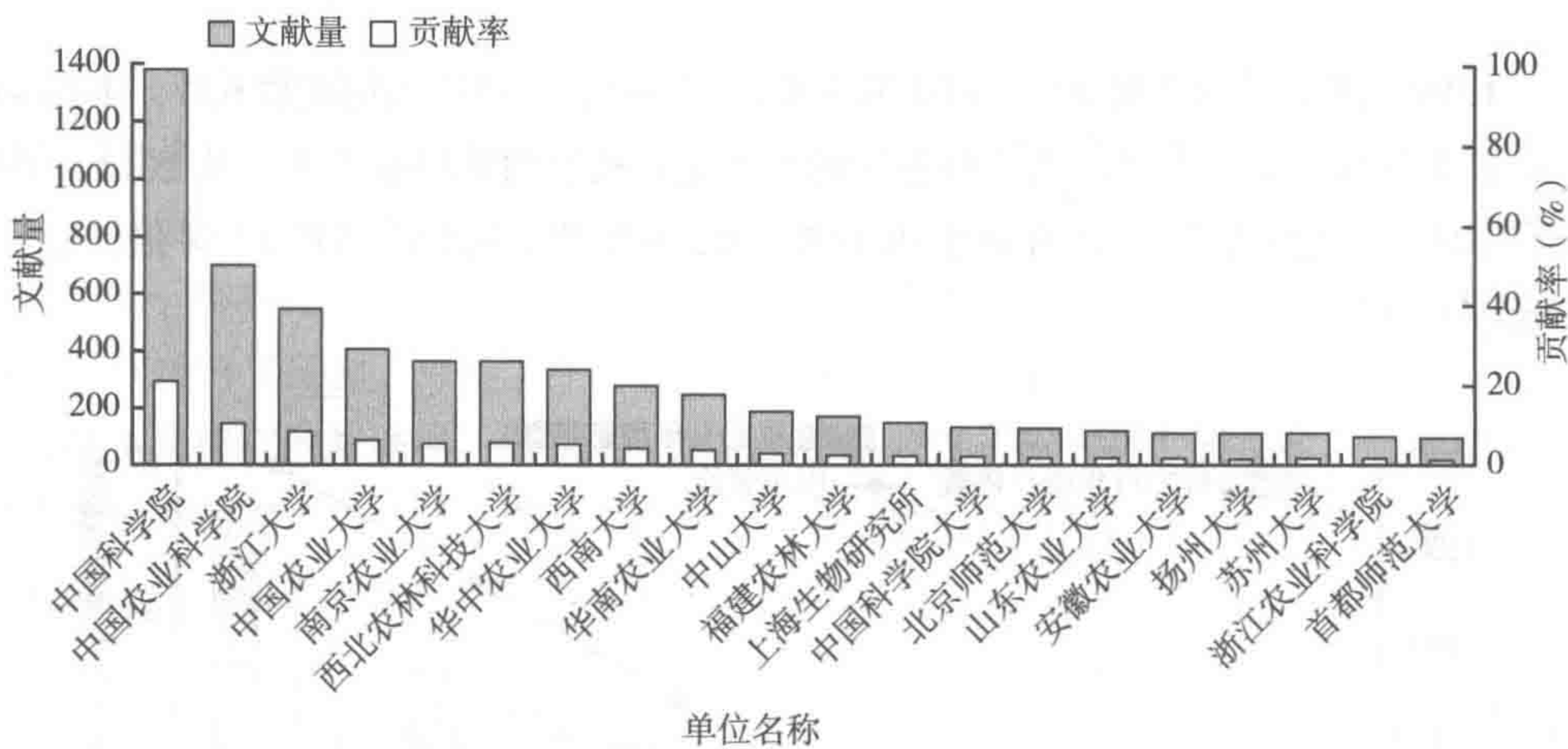


图 3 2011—2016 年中国昆虫学科 SCI 论文前 20 位机构

在前 100 个国际合作研究机构中，包括 USDA ARS（美国农业部农业研究服务中心）、Univ Florida（佛罗里达大学，美国）、Kansas State Univ（堪萨斯州立大学，美国）、Texas A&M Univ（德州农工大学，美国）、Univ Maryland（马里兰大学，美国）等 21 所国外大学。这说明，中国昆虫学研究机构、研究者与国外的大学与研究院所有广泛的合作。

从国内合作单位来看，6407 篇被 CSCD 收录文献源自中国 3544 个研究单位（含各法人单位的二级单位），收录文献量居前 5 位的研究单位依次为中国农业科学院植物保护研究所、中国科学院动物研究所、广东省昆虫研究所、南京农业大学植物保护学院、贵州大学昆虫研究所，其文献量依次为 293 篇、170 篇、92 篇、91 篇与 83 篇次，占昆虫学学科 CSCD 收录文献的 11.38%。在对文献量前 100 位的研究单位进行共现分析的基础上，重点分析出现 30 次及以上的 43 家机构的共现关系，发现各单位之间存在广泛的合作研究，且以中国农业科学院植物保护所与中国科学院动物研究所为领头，与全国各地的相关研究机构形成最广泛的合作，在中国昆虫学研究领域发挥着重要作用。

(三) 中国昆虫学的主要研究重点

从研究对象昆虫来看, 主要为棉铃虫 (*Helicoverpa armigera*)、飞蝗 (*Locusta migratoria*)、家蚕 (*Bombyx mori*)、褐飞虱 (*Nilaparvata lugens*)、水稻二化螟 (*Chilo suppressalis*)、小菜蛾 (*Plutella xylostella*)、甜菜夜蛾 (*Spodoptera exigua*)、斜纹夜蛾 (*Spodoptera litura*)、苏云金芽孢杆菌 (*Bacillus thuringiensis*)、赤拟谷盗 (*Tribolium castaneum*)、玉米象 (*Sitophilus zeamais*)、烟粉虱 (*Bemisia tabaci*)、灰飞虱 (*Laodelphax striatellus*)、桔小实蝇 (*Bactrocera dorsalis*)、柞蚕 (*Antheraea pernyi*)、中华蜜蜂 (*Apis cerana cerana*)、绿盲蝽 (*Apolygus lucorum*)、白僵菌 (*Beauveria bassiana*)、稻纵卷叶螟 (*Cnaphalocrocis medinalis*)、灰飞虱 (*Laodelphax striatellus*)。进一步对出现频次前 100 位的关键词进行人工清洗, 合并实质等同的关键词, 得到关键 91 个, 构建 91×91 列全矩阵进行共现分析, 并在此基础上对出现 30 次及以上的核心关键词作共现分析, 得到共现图。对共现图进行归类分析, 发现中国昆虫学研究者通过 SCI 在国际上展示的昆虫学研究重点表现在昆虫 RNA 干扰研究、昆虫生物化学与分子生物学研究、杀虫剂及其抗性生理、昆虫系统发育及分类学研究、昆虫的发育及生理学研究、害虫防治研究等几个方面。

昆虫 RNA 干扰 以 RNAi 为核心关键词, 以 *Helicoverpa armigera*、*Locusta migratoria*、*Nilaparvata lugens*、*Bactrocera dorsalis*、*Laodelphax striatellus*、*Bombyx mori*、Cytochrome P450、Development、gene expression、Expression pattern 为核心词群, 以 *Bacillus thuringiensis*、Expression、insect resistance、*Spodoptera exigua*、*Plutella xylostella*、*Spodoptera litura*、*Apolygus lucorum*、*Tribolium castaneum*、pest control、Juvenile hormone、20-hydroxyecdysone、Innate immunity、insecticide、metamorphosis、reproduction、Detoxification、aphid 等为亚核心词群, 展开昆虫 RNA 干扰研究。

昆虫生物化学与分子生物学 通过共词分析, 昆虫生物化学与分子生物学研究主要集中在昆虫基因表达及其相关研究、昆虫线粒体基因组学及其相关研究与昆虫蛋白质组学及其相关研究等方面。基因表达及其相关研究以 gene expression 为核心关键词, 形成以 RNAi, *Bombyx mori*, cloning, transcriptome, *Nilaparvata lugens*, *Apis cerana cerana*、cytochrome P450、*Plutella xylostella*, development, gene, Phylogenetic nanlysis, *Antheraea pernyi*, Immune response, Odorant binding protein, *Spodoptera exigua* 为中心词群, 以 *Apolygus lucorum* 等为外围词群的关于昆虫基因表达及其相关研究; 以 transcriptome, gene, cloning 为核心关键词, 形成以 gene expression, RNAi, *Bombyx mori*, *Helicoverpa armigera* 三者关联的核心词群, 以及 *Bacillus thuringiensis*, phylogenetic nanlysis, *Bactrocera dorsalis* 等二二关联的亚核心词群组成的相关研究。昆虫线粒体基因组学及其相关研究是以 mitochondrial genome 为核心关键词, 形成以 Lepidoptera, insect, Phylogeny, phylogenetic nanlysis 为核心词群, 以 Hemiptera, Coleoptera 等为外围词群的相关内容的研究。蛋白质

组学及其相关研究以 Proteomics 为核心关键词, 形成以 Proteomics、*Bombyx mori*、silkworm 为核心关键词组, 以 Insect、*Bacillus thuringiensis*、Immunity、Metabolism 为中心词群, 以 development、*Helicoverpa armigera*、Lepidoptera、Interaction、Immune response, Chitinase 等为外围词群的相关内容的研究。

杀虫剂及其抗性生理 以 insecticide resistance 与 insecticide 为核心关键词, 形成以 insecticide resistance、insect、insecticide、*Plutella xylostella*、RNAi、*Bacillus thuringiensis*、tolerance 为中心词群, 以 insect、*Plutella xylostella*、RNAi、*Laodelphax striatellus*、gene、*Bemisia tabaci*、detoxification、evolution、*Cnaphalocrocis medinalis*、cytochrome P450、*Nilaparvata lugens*、Lepidoptera、Glutathione S-transferase、Midgut、*Tribolium castaneum* 等为共词群, 以 oxidative stress, metabolism, toxicity, gene expression, fitness, jasmonic acid 等为外围词群的相关内容的研究。以 Insecticidal activity 与 Toxicity 为核心关键词, 分别形成以 activity, synthesis, baculovirus 为核心词群, 及以 fumigant, essential oil, *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum* 为核心词群, 以 *Sitophilus zeamais*, essential oil, *Tribolium castaneum*, *Bacillus thuringiensis*, *Plutella xylostella*、repellency, *Spodoptera exigua* 等为共词群, 以 *Bemisia tabaci*, *Helicoverpa armigera*, development, pest control, chitinase, *Nilaparvata lugens* 等为外围词群的相关内容的研究。

昆虫系统发育及分类学 以 new species, Taxonomy, China 为核心关键词, 形成以 Taxonomy, new species, China, Hemiptera, Lepidoptera, phylogeny, Morphology, distribution, insect, parasitoid 等为中心共词群, 以 Biological control, diversity, insect resistance, rice, *Bemisia tabaci*, tolerance, *Spodoptera exigua*, *Bemisia tabaci*、Antimicrobial peptide, Coleoptera, climate change, whitefly, mitochondrial genome 等为外围词群的相关内容的研究。以 Phylogenetic analysis 为核心关键词, 形成以 mitochondrial genome, Lepidoptera, *Nilaparvata lugens*, *Chilo suppressalis*, expressionpattern, RNAi 中心词群, 以 Biological control, *Spodoptera exigua*, Chitinase, Morphology 等为外围词群的相关内容的研究。

昆虫的发育及繁殖 以 development 为中心词, 以 RNAi, reproduction, fecundity, temperature, *Helicoverpa armigera*, *Bombyx mori* 为核心词群, 以 *Apolygus lucorum*, parasitoid, *Plutella xylostella*, *Laodelphax striatellus*, expression patter, cytochrome P450, transcriptome, *Apis cerana cerana* 等为亚中心词群, 以 gene expression, evolution, tolerance 等为外围关键词, 形成了昆虫发育相关主题的研究内容, 被研究的类群(种群)主要为 *Bemisia tabaci*, *Helicoverpa armigera*, *Bombyx mori*, Hemiptera, *Plutella xylostella*, parasitoids, *Laodelphax striatellus*, *Tribolium castaneum*, *Antheraea pernyi*, *Chilo suppressalis*, *Cnaphalocrocis medinalis*, *Nilaparvata lugens*, *Locusta migratoria*, *Apis cerana cerana*, *Apolygus lucorum*, *Spodoptera litura*。以 Fecundity 与 reproduction 为中心词, 形成了以 development, RNAi, Coleoptera, *Spodoptera litura*, *Bactrocera dorsalis*, temperature,

Nilaparvata lugens, *Helicoverpa armigera*, *Bombyx mori*, *Plutella xylostella*, expression 为共词群的繁殖生物学研究。

害虫防治 以 pest control 与 biological control 为中心词, 形成以 Lepidoptera, *Nilaparvata lugens*, insect resistance 为共词群, 以 RNAi, *Helicoverpa armigera*, parasitoid, rice, China, climate change, temperature, virulence 为核心词群, 以 toxicity, chitinase, insecticidal activity 等为外围词群的关于害虫防治的研究内容。被重点研究的种群(类群)主要有 *Helicoverpa armigera*, *Locusta migratoria*, *Nilaparvata lugens*, *Laodelphax striatellus*, *Plutella xylostella*, *Sitophilus zeamais*, Lepidoptera, Coleoptera, entomopathogenic fungi。以 *Tribolium castaneum* 与 *Sitophilus zeamais* 为中心词, 形成以 fumigant, contact toxicity, essential oil, repellency, toxicity, insecticide 与 insecticidal activity 为中心共词群, 以 *Tribolium castaneum*, *Sitophilus zeamais*, RNAi, evolution, development, transcriptome, reproduction 等为亚核心词群, 以 insect resistance, insect, mitochondrial genome, Cytochrome P450, temperature, biological control, tolerance 等为外围词群的关于贮粮害虫 *Tribolium castaneum* 与 *Sitophilus zeamais* 的防治研究。

昆虫分类学 昆虫分类学研究分成两组, 一组在中文 CSCD 来源期刊发表, 论文为中文文献, 研究的主要类群为膜翅目、鳞翅目、直翅目、鞘翅目、半翅目等在中国的新种与新记录, 并与分类学核心关键词“中国”“新种”与“新纪录”构成分类学研究核心词群之一。另一组在英文版的 CSCD 来源期刊(含国内 SCI 期刊)上发表, 论文为英文文献, 研究的类群与中文期刊上发表的相似, 主要有 Diptera(双翅目)、Orthoptera(直翅目)、Lepidoptera(鳞翅目)、Hemiptera(半翅目), 这些词与分类学核心关键词“China”(中国)“New species”(新种)与“New record”(新纪录)构成分类学研究另一核心词群。

昆虫生物化学与分子生物学 以基因克隆、基因表达、序列分析、荧光定量 PCR、表达谱、酶活性、RNA 干扰等词为核心词群, 与前 100 位关键词构建矩阵分析, 得到昆虫生物化学与分子生物学研究的主要内容, 涉及的主要研究对象有家蚕、小菜蛾、棉铃虫、褐飞虱、烟粉虱、桔小实蝇、斜纹夜蛾、西花蓟马、白背飞虱、昆虫病原线虫、亚洲玉米螟、甜菜夜蛾、异色瓢虫、稻纵卷叶螟、扶桑绵粉蚧、球孢白僵菌、蜜蜂、白蚁与直翅目等种群(类群)等。

昆虫生理生态学 昆虫生理生态学研究包括发育生理生态学与抗性生理学两个主要内容。发育生理生态学以温度、生长发育、发育历期、有效积温与滞育等为核心词组, 与前 100 位关键词构建矩阵分析, 形成以温度、生长发育、发育历期、有效积温、滞育、繁殖、生命表、发育起点温度、光周期、寄主植物、西花蓟马、扶桑绵粉蚧、甜菜夜蛾、棉铃虫等为核心词群的关于昆虫生理生态学研究的主要内容。抗性生理学以抗药性、酶活性、毒力、解毒酶、杀虫剂、保护酶等为核心词组, 与前 100 位关键词构建矩阵分析, 形成以基因表达、家蚕、西花蓟马、球孢白僵菌、杀虫剂、保护酶、抗药性、毒力、解毒酶、桔小实蝇、小菜蛾、棉铃虫、褐飞虱、酶活性等为核心词群的关于昆虫抗性生理学研究的主要