

中国昆虫学发展透视

邱宝利¹ 任顺祥^{1*} 戈峰²

(1. 华南农业大学昆虫学系 生物防治教育部工程研究中心 广州 510640;

2. 中国科学院动物研究所 农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室 北京 100101)

摘要 2006—2010年5年来,我国昆虫学工作者获得了国家自然科学基金736项、国家科技支撑计划2项19个课题,公益性行业科研专项34项,“973”项目6项;共发表与昆虫有关的学术论文13 772篇,其中SCI收录论文2 625篇, *Science* 6篇, *Nature* 1篇, *PNAS* 6篇, *Annual Review of Entomology* 1篇, *Nature Biotechnology* 4篇;获得了国家科技进步奖二等奖13项。本文分析了2006—2010年我国昆虫学研究项目、研究成果在不同昆虫学分支学科和不同研究区域的分布特征,透视了我们昆虫学研究前沿,旨在为制定我国昆虫学未来发展战略提供基础信息。

关键词 昆虫学, 科研课题, 研究成果, 人才队伍, 发展前沿

Perspective on entomological research forefronts in China

QIU Bao-Li¹ REN Shun-Xiang^{1*} GE Feng²

(1. Department of Entomology, South China Agricultural University; Engineering Research Centre of Biological Control, Ministry of Education, Guangzhou 510640, China;

2. State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract During the five years from 2006—2010 Chinese entomologists have been continuously supported by a variety of funds, including 736 programs of the National Natural Science Foundation, 19 projects in 2 Key Technologies R&D Programs, 34 projects from the Fund for Agro-Scientific Research in the Public Interest, 6 National Basic Research Program (“973” Program) etc. With the support of these funds, 13 772 scientific papers were published over the last 5 years, among which 2 625 were cited in the Web of Science database. Representative publications include 6 papers in *Science*, *PNAS*, 4 papers in *Nature Biotechnology*, one paper in *Nature* and one in the *Annual Review of Entomology*. In addition, 13 second-class Prizes in National Scientific and Technological Progress were awarded to entomologists. Here we analyze the distribution of research programs and achievements in different branches and areas of entomology and discuss the forefronts of entomological research in China with a view to providing basic information to advance Chinese entomology.

Key words entomology, scientific fund, achievement, talent team, developing trend

昆虫学是一门基础性的学科,同时又是一门实践性很强的学科,是指导害虫管理和有益昆虫保护的基础。近5年来,我国昆虫学工作者在国家自然科学基金、国家重点基础研究发展计划(973计划)和国家科技攻关(支撑)计划等项目支持下,以项目促创新、以协作促发展、以需求促研究,面向国家需求和科学前沿,突出宏观与微观生物学相结合的研究特色,整合分子生物学、基因组学、生理学、行为学和生态学等学科,在昆虫学各个分支学科取得了显著的科研进展。大量的研

究成果发表在国内外重要刊物上。本文分析了2006—2010年我国昆虫学研究项目、研究成果在不同昆虫学分支学科和不同研究区域的特征,旨在为我国昆虫学未来发展战略提供基础信息。

1 研究人才

昆虫学是我国重要的学科之一。据统计,我国目前从事昆虫学研究的机构大约110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

* 通讯作者; E-mail: rensxcn@yahoo.com.cn

收稿日期: 2011-12-02, 接受日期: 2011-12-15

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在各省的农业院校;而博士后流动站主要分布于北京、江浙及华南地区的高校和科研院所。

在全国 30 个与生命科学相关的国家重点实验室中,与昆虫学密切相关的国家重点实验室有 3 个,分别为设在中国科学院动物研究所的“农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室”、中国科学院植物保护研究所的“植物病虫害生物学国家重点实验室”和中山大学的“有害生物治理与资源利用国家重点实验室”。

据估计,中国昆虫学学会的会员大约 11 900 人,从事与昆虫学相关研究的两院院士有 7 人;其中,2011 年有 2 位昆虫学家分别被增选为中国科学院和中国工程院院士。在 2006—2010 年 5 年期

间,新增国家“千人”计划 1 人,973 首席专家 4 人,杰出青年基金获得者 9 人,中科院百人计划 4 人,长江学者 2 人。这些都充分表明,我国昆虫学界人才兴旺。

2 研究项目

2.1 基础性研究项目

国家自然科学基金项目资助是对一个学科基础研究的体现。从 2006—2010 年 5 年期间统计来看,国家自然科学基金委共资助昆虫方面相关的研究项目为 736 项(表 1),平均每年 145 项。其中杰出基金项目 9 项、重点基金 20 项、面上基金 513 项、地区基金 50 项、青年基金 135 项;此外,还有国家自然科学基金委创新团队项目 1 项、国际合作项目 8 项。

表 1 2006—2010 年国家自然科学基金委资助的昆虫方面项目数量
Table 1 Kinds and numbers of NSFC in entomology during 2006—2010

年份 Year	青年基金 Young scientists fund	地区基金 Fund for less developed regions	面上项目 General program	重点基金 Key program	杰出青年基金 Fund for distinguished young scholars	创新团队 Fund for creative research groups	国际合作 International cooperation and exchange
2006	20	9	93	3	2	0	0
2007	17	7	86	9	1	0	0
2008	29	11	105	2	2	0	5
2009	32	12	109	3	1	0	1
2010	37	11	120	3	3	1	2
合计 Total	135	50	513	20	9	1	8

注:数据来源于 <http://www.nsf.gov.cn>。下同。

Data are from <http://www.nsf.gov.cn>. The same below.

从表 1 统计结果来看,2006—2010 期间国家自然科学基金委资助昆虫学方面的项目基本上呈现出逐年增加的趋势。其中,2006 年为 127 项、2007 年为 120 项、2008 年为 154 项,2009 和 2010 年分别达到 158 和 177 项。从资助的类别来看,面上项目仍然是获得资助数量最多的类别,占总项目的 69.70%;其次是青年基金项目,占 18.34%;昆虫学领域的重点基金项目除 2007 年 9 项外,其它年份基本上都维持在 2~3 项;昆虫学领域的杰出青年项目每年都有获助,但 2010 年获资助最高有 3 项(表 1)。

从资助项目的各个分支学科来看,昆虫生理

及分子生物学领域获得资助项目最多,有 230 项,占项目总数的 31.25%,也表明昆虫生理与分子生物学研究技术在昆虫学研究中的重要地位。其次,与害虫防治密切相关的昆虫生态学 103 项,占项目总数的 13.99%;害虫生物防治与入侵害虫领域的获资助项目相近,分别为 91 和 90 项,各占项目总数的 12.36% 和 12.23%;昆虫分类学项目为 65 项,占项目总数的 8.83%。其它不属于上述分支科学的资助项目 157 项,约占总数的 21.33%(图 1)。

从资助的昆虫类群来看,农业昆虫是资助类别最多的类群,2006—2010 年期间数量为 341 项,

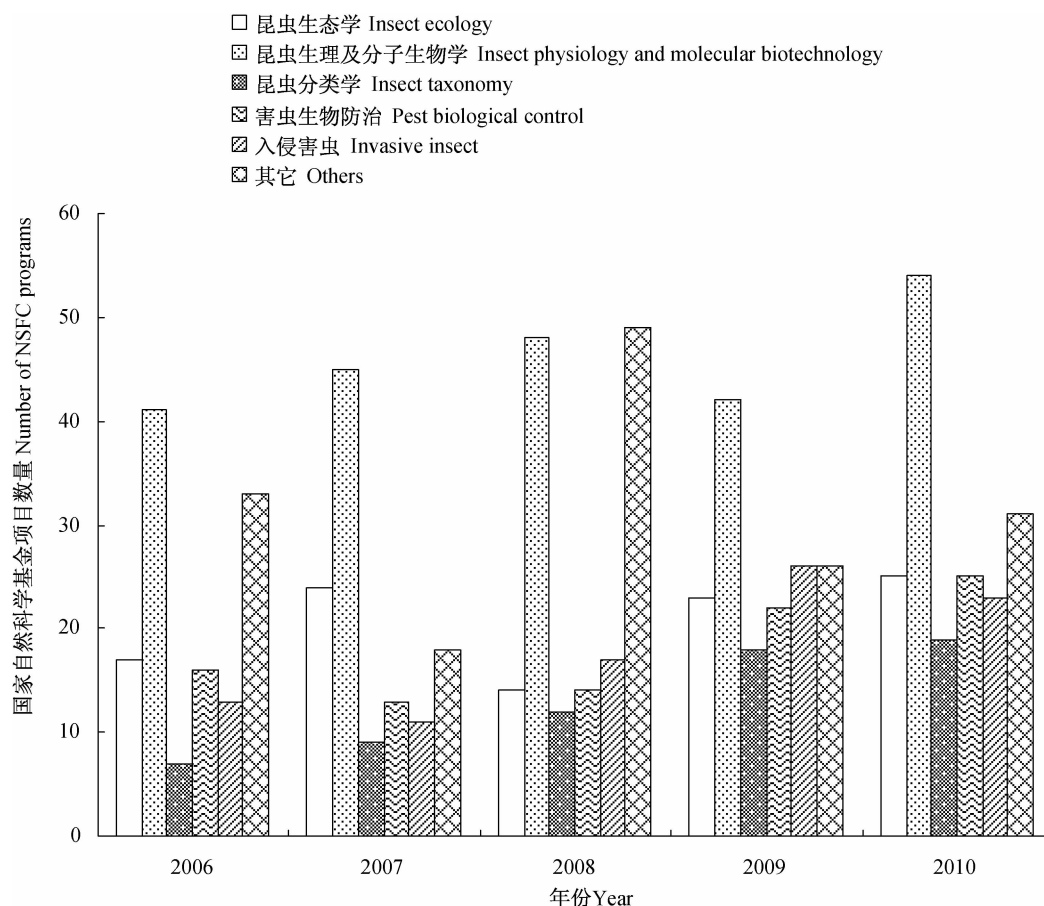


图1 2006—2010年国家自然科学基金委资助的昆虫分支学科的项目数量

Fig.1 The numbers of NSFC programs in different branches of entomology during 2006—2010

占项目总数的46.33%;其次是资源昆虫为67项,占项目总数的9.10%;林业昆虫与卫生昆虫分别为38和24项,分别占项目总数的5.16和3.26%;仓储害虫为3项;未归属于上述几个类群的昆虫学项目为263项,占项目总数的35.73%(图2)。

从研究对象来看,2006—2010期间获得资助的国家自然科学基金项目中,排在前5位的分别是鳞翅目、半翅目、膜翅目、双翅目和鞘翅目,资助数量分别为115、74、61、42和29项。此外,资助直翅目昆虫研究的为20项,蛛形纲蜱螨目的项目为18项(图3)。

2006—2010年期间,获得国家自然科学基金资助较多的单位主要包括中国科学院(动物研究所)(93项)、中国农科院(植物保护研究所与蔬菜花卉研究所)(42项)、浙江大学(35项)、华南农业大学(29项)、中国农业大学(27项)、西北农林

大学(27项)、西南大学(20项)、南京农业大学(19项)、华中农业大学(15项)、中山大学(14项)等。统计数据表明,我国昆虫学的研究队伍主要集中在各个大学、中国科学院以及中国农业科学院等科研院所,研究的布局呈现出以北京、江浙和华南为支撑点的三点式、沿海式发展的格局,西北农林大学和西南大学分别代表了我国西北地区和西南地区的昆虫学研究队伍。

2.2 面向国家重大需求的研究项目

近5年来,我国昆虫学家除了开展昆虫学基础研究之外,还面向国家的需求,开展了科技支撑计划、公益性行业科研专项和国家重大基础研究。

2.2.1 科技支撑计划 2006—2010年“十一五”科技支撑计划“农林重大生物灾害防控技术研究”就包含了多个与害虫综合防治有关的课题,包括“重大病虫害区域性突变检测与预警新技术”、“重

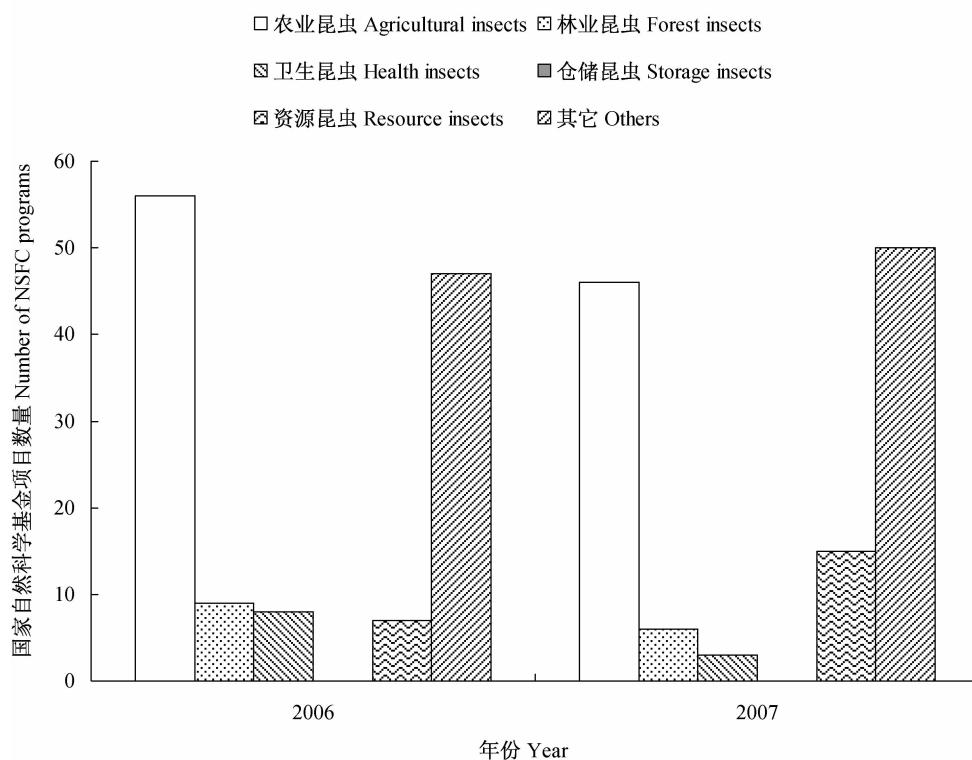


图 2 2006—2010 年国家自然科学基金委资助的各个昆虫类群的项目数量

Fig. 2 The numbers of NSFC programs to different kinds of insects according to their category during 2006—2010

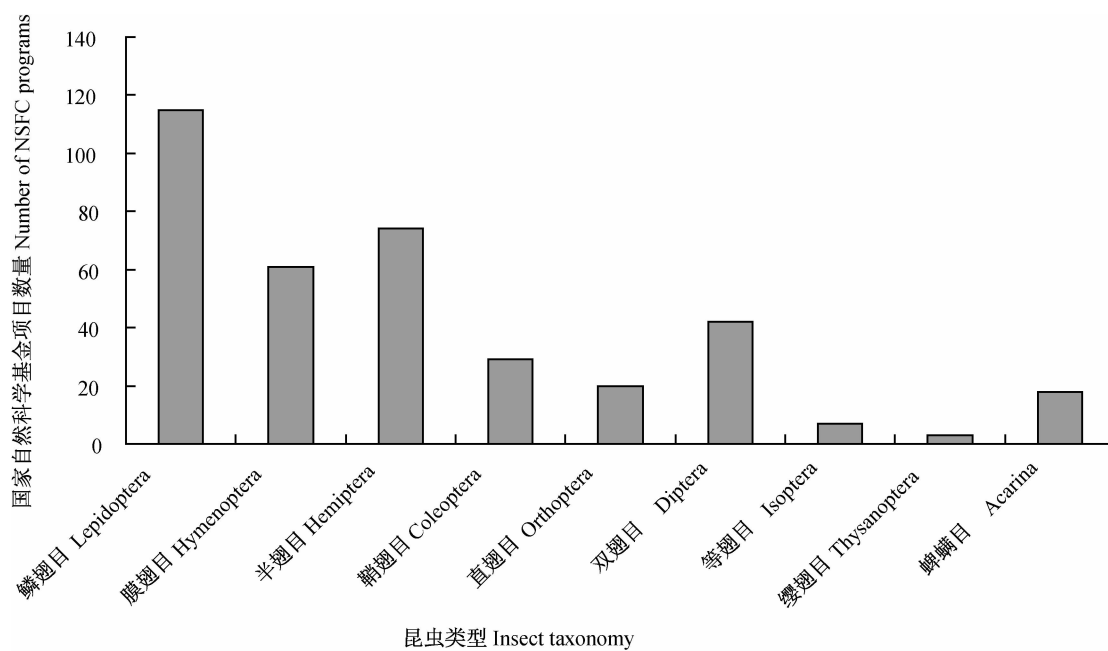


图 3 2006—2010 年国家自然科学基金委资助的主要昆虫目的项目数

Fig. 3 The numbers of NSFC programs to different kinds of insects according to their taxonomy during 2006—2010

大病虫害生物防治新技术”、“高效减量多靶标化学防治新技术”、“水稻重大病虫害防控技术”、“小麦重大病虫害防控技术”、“玉米重大病虫害防控技术”、“棉花重大病虫害防控技术”、“蔬菜大豆重大病虫害防控技术”等 13 个课题。2009 年启动的“区域农业生态系统害虫生物防治关键技术与示范”项目设立了“农业生态系统作物害虫自然调控的关键技术”、“优势天敌昆虫种质资源的选育、产业化及应用关键技术”、“杀虫微生物制剂的改良及其协调应用关键技术”、“以稻果菜为主的华南区域害虫生物防治模式的建立与示范”、“以棉麦玉为主的华北区域害虫生物防治模式的建立与示范”、“以稻菜茶为主的华东区域害虫生物防治模式的建立与示范”6 个与害虫生物防治技术创新与应用示范的课题。

2.2.2 公益性行业科研专项 2006—2011 年财政部公益性行业项目科研专项中,先后有 34 种(类)害虫进行了立项研究。其中,2007—2008 年立项的与昆虫相关的公益性农业科研专项与科技体系有 13 项,包括“叶螨种群分子遗传结构、繁殖机理及其寄生菌的分布扩散规律研究”、“小菜蛾可持续控制技术与示范”、“蚜虫防控技术研究”、“水稻褐飞虱综合防控技术研究”、“水稻螟虫防控技术研究”、“粉虱类害虫可持续治理技术与集成示范”、“北方果树食心虫检测和防控新技术研究与示范”、“甜菜夜蛾防控技术研究”、“盲蝽象区域性灾变规律与监测治理技术研究”、“新入侵危险性有害生物螺旋粉虱防控技术研究”、“马铃薯甲虫持续防控技术研究”、“外来入侵害虫西花蓟马防控技术研究”。

2009 年立项的与昆虫相关的公益性农业科研专项与科技体系有 10 项,主要包括“主要农作物有害生物种类与发生危害特点研究”、“我国迁移性蝗害绿色防控技术研究和示范”、“捕食螨繁育与大田应用技术研究”、“农药高效安全科学施用技术”、“入境台湾果蔬危险性有害生物防控新技术研究与示范”、“入侵生物苹果蠹蛾监测与防控技术研究”、“果树实蝇类害虫监测与防控技术研究”、“稻纵卷叶螟和白背飞虱测报与防控技术研究”、“生物源农药创制与技术集成及产业化开发”、“农药风险评估综合配套技术研究”。

2010 年立项的与昆虫相关的公益性农业科研

专项 5 项,分别是“灰飞虱传播的病毒病综合防控技术研究”、“农田地下害虫综合防控技术研究”、“草原虫害监测预警及防控技术研究”、“柑橘黄龙病和溃疡病综合防控技术研究”和“蔬菜黄化曲叶病毒病综合防控技术研究”,其中后面 2 项主要是研究粉虱与木虱害虫传播病毒引起的植物病害。

2011 年立项的与昆虫相关的公益性农业科研专项 6 项,包括“作物叶螨综合防控技术推广”、“十字花科小菜蛾综合防控技术推广”、“作物蚜虫综合防控技术推广”、“北方果树食心虫综合防控技术推广”、“盲蝽象可持续治理技术的研究”、“新种植模式下病虫害生物防治主打型新技术研究”。

2.2.3 国家重大基础研究“973”项目 在立足国家需求,面向科学前沿,着力解决国家经济、社会和科技发展中的重大问题方面,2009—2011 年 3 年间在研或新立项的与昆虫学相关的“973”有 6 项,包括(1)“家蚕主要经济性状功能基因组与分子改良研究”(项目编号 2005CB121000),(2)“重大农业害虫猖獗危害的机制及可持续控制基础研究”(项目编号 2006CB102000),(3)“农业生物多样性控制病虫害和保护种质资源的原理与方法”(项目编号 2006CB100200),(4)重要外来物种入侵的生态影响机制与监控基础”(项目编号 2009CB119200),(5)“作物多样性对病虫害生态调控和土壤地力的影响”(项目编号 2011CB100400),(6)“害虫暴发成灾的遗传与行为控制机理”(项目编号 2012CB114103)。这些项目的实施,极大促进了我国昆虫学科的基础研究。

从近年来承担国家重大科技项目的单位来看,以北京、江浙、华南、西南、西北地区为中心的大学与科研院所占有明显的比重,其中位于北京的中国科学院动物研究所,中国农业科学院植物保护研究所与蔬菜花卉研究所,中国农业大学;江浙地区的浙江大学,南京农业大学,扬州大学;华南地区的华南农业大学,中山大学;西南和西北地区的西南大学,西北农林科技大学等在承担各类国家重大科技项目上有明显的优势。

3 发表论文的分布特征

2006—2011 年期间,我国昆虫学者面向科学

前沿和国家需求,在昆虫生态学、昆虫生理与分子生物学、昆虫分类学、害虫生物防治、入侵昆虫等昆虫学科的各个分支领域取得了诸多成果,在国内外核心期刊上发表了一系列学术论文,扩大了我国昆虫学者之间以及国内与国外昆虫学者之间的学术交流与成果共享。

借助于 Web of Knowledge 网络平台 (<http://app.webofknowledge.com>),在所有数据库中搜索了我国昆虫学领域发表的核心论文,表明 2006 年 1 月—2011 年 8 月期间共发表 13 772 篇与昆虫有关的学术论文,其中 SCI 收录论文 2 625 篇。2006—2010 年我国昆虫学科论文比较集中的前十家科研机构,分别为中国科学院、中国农业大学、浙江大学、中国农科院、华南农业大学、南京大学、中山大学、西南大学、华中农业大学与西北农林大学。

以昆虫生态学、昆虫生理与分子生物学、昆虫分类学、害虫生物防治及入侵昆虫学为代表的 5

个昆虫学分支学科来统计表明,昆虫生理与分子生物学分支领域发表的核心论文数量最多,5 年累计 3 664 篇;其次是昆虫生态学分支学科,5 年累计 2 890 篇;昆虫分类学、害虫生物防治与入侵昆虫学分支学科分别排在 3~5 位,5 年累计论文数量分别为 1 661、855 和 486 篇(图 4)。

以研究对象的分类归属来统计,2006—2010 年期间,我国昆虫学科发表的核心论文以鞘翅目昆虫最多,为 645 篇,其次是双翅目和鳞翅目,分别为 568 和 525 篇;膜翅目与蛛形纲蜱螨目昆虫的论文也相对较多,分别达到 474 和 377 篇(图 5)。数据显示,我国昆虫学科无论是基础研究还是应用研究方面,以鞘翅目、鳞翅目、双翅目、膜翅目和蜱螨目等昆虫(螨类)与人类的生存息息相关的昆虫研究对象最多。

4 重大基础研究成果

近 5 年来,我国昆虫学科在基础研究上取得

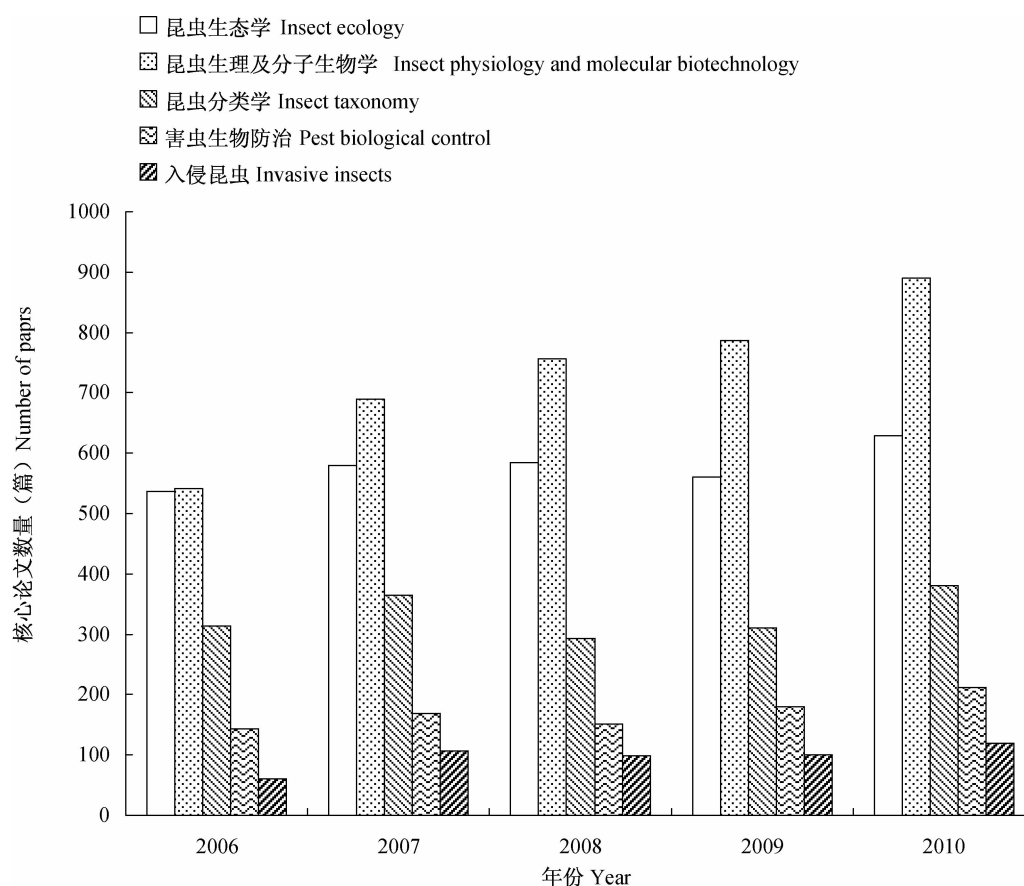


图 4 近 5 年我国昆虫学各分支学科发表核心论文的数量一览

Fig. 4 The scientific papers of different entomology branches published in 2006—2010

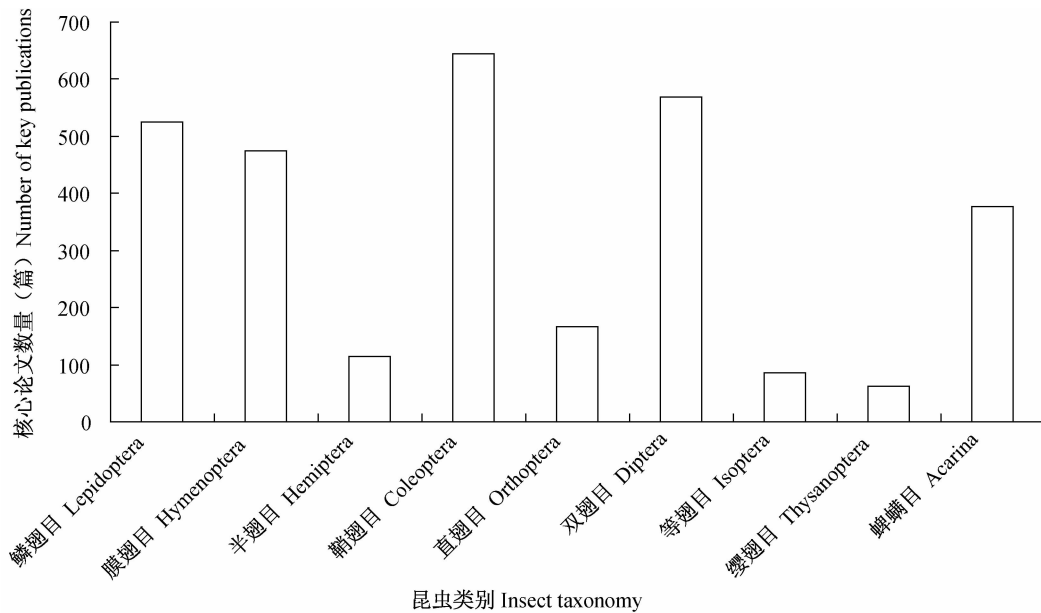


图5 近5年我国昆虫学科核心论文的主要分支分布

Fig.5 The scientific papers in different insect orders published in 2006—2010

了很大的进展,其中由我国昆虫学家作为主要研究团队完成的具有代表性、标志性的学术论文约18篇。包括:*Science* 6篇,*Nature* 1篇,*PNAS* 6篇,*Annual Review of Entomology* 1篇,*Nature Biotechnology* 4篇(表2)。主要成果如下。

表2 近5年我国昆虫学者发表的标志性学术论文

Table 2 The representative papers published in 2006—2011

期刊 Journal	2006	2007	2008	2009	2010	2011	合计 Total
<i>Science</i>	0	2	1	2	1	0	6
<i>Nature</i>	1	0	0	0	0	0	1
<i>PNAS</i>	0	1	0	1	3	1	6
<i>Annu. Rev. Entoml.</i>	0	0	0	1	0	0	1
<i>Nature Biotech.</i>	0	2	0	0	2	0	4

4.1 在外来入侵昆虫机制方面

以外来入侵烟粉虱和本地烟粉虱为材料,揭示了外来入侵害虫及取代土著昆虫的入侵机制,发现非对称交配互作驱动一种粉虱的广泛入侵及对土著生物的取代(Liu *et al.*, 2007);以斑潜蝇为研究对象,系统地总结了从1987—2007年20年间该入侵种在温度适应和化学生态学方面的最新

研究进展,提出了未来发展的方向(Kang *et al.*, 2009)。

4.2 在蝗虫生态学方面

发现飞蝗散居型和群居型两型4龄蝗蛹间转录差异最大,多巴胺代谢途径在飞蝗群居型中稳定地高表达;对散居型飞蝗注射多巴胺或多巴胺激动剂可以诱导蝗虫产生明显的群居行为,首次证明作为神经递质的多巴胺在型变的维持过程中起重要作用(Ma *et al.*, 2011);重建出我国东部两千年蝗灾(东亚飞蝗)发生动态序列,发现干旱年份蝗灾发生的概率较大,而与气温则表现出不稳定的负相关关系;显示在大的时间尺度上,气候变化对蝗虫种群的影响可能是间接的,这种间接关系会因气候变化与降雨之间的复杂关系而发生(Tian *et al.*, 2011)。

4.3 在害虫防治新技术方面

以棉花-棉铃虫为材料,发明了一种植物介导的RNA干扰技术,可以有效地、特异地抑制昆虫基因的表达,从而抑制害虫的生长(Mao *et al.*, 2007);成功分离了抗褐飞虱基因*Bph14*,这是国际上应用图位克隆法(map-based cloning)分离得到的第一例水稻抗虫基因,为从作物中筛选抗性基因提供了新的方法(Du *et al.*, 2009)。

4.4 在转基因作物风险分析方面

发现 Bt 棉花的大规模商业化种植破坏了棉铃虫在华北地区季节性多寄主转换的食物链,压缩了棉铃虫的生态位,不仅有效控制了棉铃虫对棉花的危害,而且高度抑制了棉铃虫在玉米、大豆、花生和蔬菜等其他作物田的发生与危害(Wu *et al.*, 2008);但 Bt 棉花大面积种植有效地控制了 2 代棉铃虫的危害的同时,由于棉田化学农药使用量显著降低,给盲蝽蟥的种群增长提供了场所,导致其在棉田的暴发成灾,并随着种群生态叠加效应衍生成为区域性多种作物的重要害虫(Lu *et al.*, 2010)。

4.5 在模式昆虫果蝇方面

开创了果蝇的基于价值的两难抉择研究,发现果蝇中央脑中的蘑菇体结构和多巴胺系统共同掌控果蝇的基于价值的抉择,经验可以提升果蝇的视觉特征抽提能力以及果蝇中央脑的一个叫蘑菇体的结构参与上述的认知过程(Zhang *et al.*, 2007);进而对果蝇的蘑菇体至触角叶的反馈机制进行了深入研究,表明蘑菇体结构在介导嗅觉的学习与记忆及多感觉起着整合作用,显示信息反馈在昆虫感觉处理中同样有重要的意义(Hu *et al.*, 2010);明确了果蝇扇形体内的两层水平平行片状结构由两组神经元的末梢分支构成,它们分别具有记忆图形的重心高度信息和记忆图形朝向信息的功能,从而使果蝇有效地分辨重心或朝向不同的图形(Liu *et al.*, 2006);发现的一种对于果蝇嗅觉长时程记忆形成必需的突变——AKAP Yu 突变,果蝇长时程记忆会受到 Yu 突变的特异性干扰,而短时程记忆和抗麻醉记忆不会未受到 Yu 突变的影响(Lu *et al.*, 2007)。

4.6 在化石昆虫方面

发现了距今 1 亿 6 千万年的中侏罗世时期传粉昆虫与当时的虫媒裸子植物之间存在着一种新的传粉模式,在昆虫与植物的协同演化研究方面取得了突破进展(Ren *et al.*, 2009);并在中侏罗世道虎沟地层发现了 2 块极为珍贵的具有羽状翅斑的脉翅目昆虫,推测该类昆虫可能生活在与之相似的植物上或者以该类植物为食适应而成(Wang *et al.*, 2010)。

4.7 绘制完成了世界上第 1 张基因组水平上的蚕类单碱基遗传变异图谱

在全基因组水平上揭示了家蚕的起源进化,

论证了“化性”并不能完全反映家蚕的起源驯化特征(Xia *et al.*, 2009);利用新一代测序技术构建了第 1 张单碱基分辨率的昆虫甲基化谱——家蚕丝腺甲基化谱,发现大约 0.11% 的基因组胞嘧啶被甲基化修饰,比哺乳动物和植物低至少 50 倍(Xiang *et al.*, 2010);阐明了家蚕的酪氨酸羟化酶是位于黑色素合成途径中的第 1 个关键酶,而黑色素与其它色素一起,构成了昆虫丰富的斑纹和体色(Liu *et al.*, 2010)上。

4.8 揭示了昆虫神经毒素促进真菌杀虫效果的作用机制

研究发现了一种能促进杀虫剂毒力的神经毒素并探讨了其分子机理(Wang *et al.*, 2009)。金龟子绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* 是一种重要的昆虫寄生真菌,属于半知菌亚门绿僵菌属。它对寄主的侵染过程包括粘附、孢子萌发、穿透虫体、体内发育和致死。这一过程是附着胞、表皮降解酶和破坏菌素等物质的生理生化作用的综合结果。由于其寄主范围广,致病力强,对人、畜、农作物无毒,无残毒、菌剂易生产,持效期长等优点,因此具有广阔的应用前景。然而由于这种真菌的毒性较低,影响了其在防治病虫害方面的应用。在这篇文章中,研究团队发现发现了一种来自黄肥尾蝎 *Androctonus australis* 的昆虫特异性神经毒素(neurotoxin)能促进这种真菌杀虫剂的毒性,这种特异性神经毒素的高水平表达能增强真菌对烟草天蛾(tobacco hornworm (*Manduca sexta*))毛虫 22 倍的毒性,以及针对黄热病蚊(adult yellow fever mosquitoes (*Aedes aegypti*))的 9 倍毒性,并且也不会损害宿主的特异性。研究团队对该发现的原理进行了解析,研究结果为理解真菌杀虫剂作用机理,以及真菌-昆虫相互作用的分子机制提供了重要资料。

4.9 昆虫与作物基因改良相结合的害虫控制新理论和新方法展望

基于美国亚利桑那大学昆虫学家 Bruce E Tabashnik 教授等利用害虫辐射不育技术治理 Bt 作物抗性的研究工作,以及其他国际昆虫学与生物技术研究的突破性进展,重点评述了昆虫基因遗传改良和作物抗虫基因遗传改良相结合的害虫控制新理论和新方法,为今后利用昆虫基因遗传改良和作物抗虫基因改良技术开展害虫可持续治

理提供了新的思路 (Wu, 2010)。

5 重大应用成果

我国昆虫学研究始终面向国家需求,解决我国重大害虫成灾与控制的关键问题。2006—2011年期间,在农业害虫监测系统及灯光诱控技术研发与应用、重大外来侵入性害虫(美国白蛾)生物防治技术研究、棉铃虫区域性迁飞规律和监测预警技术的研究与应用、新疆棉蚜生态治理技术、重大外来入侵害虫(烟粉虱)的研究与综合防治、防治重大抗性害虫多分子靶标杀虫剂的研究开发与应用、天敌捕食螨产品及农林害螨生物防治配套技术的研究与应用、真菌杀虫剂产业化及森林害虫持续控制技术、桔小实蝇持续控制基础研究及关键技术集成创新与推广、南方蔬菜生产清洁化关键技术研究与应用、细菌农药新资源及产业化新技术新工艺研究、棉铃虫对 Bt 棉花抗性风险评估及预防性治理技术的研究与应用和鱼藤酮生物农药产业体系的构建及关键技术集成等方面获得国家科技进步奖二等奖 13 项,为保障国家粮食安全和生态安全发挥了重要作用。

参考文献 (References)

- Du B, Zhang WL, Liu BF, Hu J, Wei Z, Shi ZY, He RF, Zhu LL, Chen RZ, Han B, He GC, 2009. Identification and characterization of *Bph14*, a gene conferring resistance to brown planthopper in rice. *PNAS*, 106 (52): 22163—22168.
- Hu AQ, Zhang W, Wang ZR, 2010. Functional feedback from mushroom bodies to antennal lobes in the *Drosophila* olfactory pathway. *PNAS*, 107(22): 10262—10267.
- Kang L, Chen B, Wei JN, Liu TX, 2009. Roles of thermal adaptation and chemical ecology in *Liriomyza* distribution and control. *Annu. Rev. Entomol.*, 54: 127—145.
- Liu C, Yamamoto K, Cheng TC, Kadono-Okuda K, Narukawa J, Liu SP, Han Y, Futahashi R, Kidokoro K, Noda H, Kobayashi I, Tamura T, Ohnuma A, Banno Y, Dai FY, Xiang ZH, Goldsmith MR, Mita K, Xia QY, 2010. Repression of tyrosine hydroxylase is responsible for the sex-linked chocolate mutation of the silkworm, *Bombyx mori*. *PNAS*, 107(29): 12980—12985.
- Liu G, Seiler H, Wen A, Zars T, Ito K, Wolf R, Heisenberg M, Liu L, 2006. Distinct memory traces for two visual features in the *Drosophila* brain. *Nature*, 439 (7076): 551—556.
- Liu SS, De Barro PJ, Xu J, Luan JB, Zang LS, Ruan YM, Wan FH, 2007. Asymmetric mating interactions drive widespread invasion and displacement in a whitefly. *Science*, 318(5857): 1769—1772.
- Lu YB, Lu YS, Shuai YC, Feng CH, Tully T, Xie ZP, Zhong Y, Zhou HM, 2007. The AKAP *Yu* is required for olfactory long-term memory formation in *Drosophila*. *PNAS*, 104(34): 13792—13797.
- Lu YH, Wu KM, Jiang YY, Xia B, Li P, Feng HQ, Wyckhuys KAG, Guo YY, 2010. Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China. *Science*, 328(5982): 1151—1154.
- Ma ZY, Guo W, Guo XJ, Wang XH, Kang L, 2011. Modulation of behavioral phase changes of the migratory locust by the catecholamine metabolic pathway. *PNAS*, 108 (10): 3882—3887.
- Mao YB, Cai WJ, Wang JW, Hong GJ, Tao XY, Wang LJ, Huang YP, Chen XY, 2007. Silencing a cotton bollworm P450 monooxygenase gene by plant-mediated RNAi impairs larval tolerance of gossypol. *Nature Biotechnol.*, 25(11): 1307—1313.
- Ren D, Labandeira CC, Santiago-Blay JA, Rasnitsyn A, Shih CK, Bashkuev A, Logan MAV, Hotton CL, Dilcher D, 2009. A probable pollination mode before angiosperms: eurasian, long-proboscid scorpionflies. *Science*, 326 (5954): 840—847.
- Tian HD, Stige LC, Cazelles B, Kausrud KL, Svarverud R, Stenseth NC, Zhang ZB, 2011. Reconstruction of a 1,910-y-long locust series reveals consistent associations with climate fluctuations in China. *PNAS*, 108 (35): 14521—14526.
- Wang CS, St Leger RJ, 2009. A scorpion neurotoxin increases the potency of a fungal insecticide. *Nature Biotechnol.*, 25(12): 1455—1456.
- Wang YJ, Liu ZQ, Wang X, Shih CK, Zhao YY, Engel MS, Ren D, 2010. Ancient pinnate leaf mimesis among lacewings. *PNAS*, 107(37): 16212—16215.
- Wu KM, 2010. No refuge for insect pests. *Nature Biotechnol.*, 28(12): 1273—1275.
- Wu KM, Lu YH, Feng HQ, Jiang YY, Zhao JZ, 2008. Suppression of cotton bollworm in multiple crops in china in areas with Bt toxin-containing cotton. *Science*, 321(5896): 1676—1678.
- Xia QY, Guo YR, Zhang Z, Li D, Xuan ZL, Li Z, Dai FY, Li YR, Cheng DJ, Li RQ, Cheng TC, Jiang T, Becquet C, Xu X, Liu C, Zha XF, Fan W, Lin Y, Shen YH, Jiang L,

- Jensen J, Hellmann I, Tang S, Zhao P, Xu HF, Yu C, Zhang GJ, Li J, Cao JJ, Liu SP, He NJ, Zhou Y, Liu H, Zhao J, Ye C, Du ZH, Pan GQ, Zhao AC, Shao HJ, Zeng W, Wu P, Li CF, Pan MH, Li JJ, Yin XY, Li DW, Wang J, Zheng HS, Wang W, Zhang XQ, Li SG, Yang HM, Lu C, Nielsen R, Zhou ZY, Wang J, Xiang ZH, Wang J, 2009. Complete resequencing of 40 genomes reveals domestication events and genes in silkworm (*Bombyx*). *Science*, 326(5951):433—436.
- Xiang H, Zhu JD, Chen Q, Dai FY, Li X, Li MW, Zhang HY, Zhang GJ, Li D, Dong Y, Zhao L, Lin Y, Cheng DJ, Yu J, Sun JF, Zhou XY, Ma KL, He YH, Zhao YX, Guo SC, Ye MZ, Guo GW, Li YR, Li RQ, Zhang XQ, Ma LJ, Kristiansen K, Guo QH, Jiang JH, Beck S, Xia QY, Wang W, Wang J, 2010. Single base-resolution methylome of the silkworm reveals a sparse epigenomic map. *Nature Biotechnol.*, 28(5):516—520.
- Zhang K, Guo JZ, Peng YQ, Wang X, Guo AK, 2007. Dopamine-mushroom body circuit regulates saliency-based decision-making in *Drosophila*. *Science*, 316 (5833): 1901—1904.