

# 中国昆虫学成就、问题及发展对策

戈 峰

(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:** 通过对我国昆虫学主要分支学科,如昆虫分类区系、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、资源昆虫保护利用等的调研,总结我国昆虫学近年来研究的成就,分析我国与国际昆虫学存在的差异,提出我国昆虫学未来发展的方向与优先发展领域,旨在提升我国昆虫学研究的原始创新和集成创新能力。

**关键词:** 中国昆虫学;成就;问题;发展对策

中图分类号: Q961 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2010)05-0908-07

## The Progress, Problem and Strategy for Chinese Entomology

GE Feng

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

**Abstract:** Entomology is an all-around subject that assembles insect morphologic, biology, toxicology, physiology, ecology, behavior, biochemistry and genetics. It is the foundation of pest insects control and beneficial insect protection. In recent years, entomology has been integrated with molecular biology, genomic sciences, physiology, behavioral science and ecology to stick out the research characteristics combined with macro-biology and micro-biology. Chinese entomology has obtained prominent progress in insect systematic and evolutionary biology, physiology and biochemistry, molecular biology, ecology, toxicology, pest' biological control, integrated pest insect management, utilization of insect resources. However, a wide gap exists between China's entomology research and international entomology research in beneficial insects protection and pest insect control technology, such as the weakness of basic research, lack of systematic research and shortage of original research. In the future, China's entomology research needs more attention to combining patterns of insects and major agriculture and forestry pests to strengthen the cooperation among production, teaching and research, and enhance the capability of independent innovation of China's entomology.

**Key words:** Chinese entomology; progress; problem; strategy

收稿日期: 2010-09-02

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(31030012)

作者简介: 戈峰(1963—)男,研究员,博士,二级教授,博士生导师。1980年9月—1984年7月在江西农业大学植保专业学习。现任中国科学院动物研究所国家农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室常务副主任,总支书记。国务院特殊津贴获得者。《中国昆虫学学科发展研究报告》专家组组长,《昆虫知识》杂志主编;兼任中国昆虫学会常务理事、副秘书长,中国昆虫学会昆虫生态专业委员会主任,中国生态学会常务理事,《Insect Science》、《生态学报》等刊物编委。

主要从事生态学与害虫生态调控研究。现主持国家973课题、国家自然科学基金和中国科学院创新方向项目等多项。至今已发表学术论文148篇,其中,在《Plant, Cell and Environment》、《Agriculture, Ecosystems and Environment》等SCI刊物发表论文51篇。主编《现代生态学》、《昆虫生态学原理与方法》等书籍;出版《昆虫对大气CO<sub>2</sub>浓度升高的响应》专著,荣获中国科学院科技进步二等奖, E-mail: gef@ioz.ac.cn。

## 0 引言

昆虫学是以昆虫为研究对象的科学。她是一门综合性的学科,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领域;同时,又是一门应用性很强的学科,是有害昆虫控制和有益昆虫保护的基础<sup>[1]</sup>。

近年来,我国昆虫学工作者针对昆虫学科发展面临昆虫资源贫乏、害虫危害频繁暴发、基础研究薄弱、研究设施条件落后等主要问题,在国家自然科学基金<sup>[2-7]</sup>、国家重点基础研究发展计划(973计划)<sup>[8]</sup>、国家高技术研究发展计划(863计划)和国家科技攻关(支撑)计划等项目的支持下,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,整合分子生物学、基因组学、生理学、行为学和生态学等学科,在昆虫分类区系学、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、害虫综合防治学和资源昆虫保护利用等昆虫分支学科取得了显著的科研进展,部分领域处于国际领先地位。大量的研究成果发表在国内外重要刊物上。其中有关昆虫神经与认知研究、转基因抗虫作物的调控机理、植物介导的抑制昆虫基因表达的RNA干扰技术、外来入侵害虫的入侵机制的研究论文发表在《Science》和《Nature》杂志上<sup>[9-14]</sup>。同时,我国昆虫学工作者面向国家需求,以解决我国重大害虫成灾与控制的关键基础科学问题为己任,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等方面获得国家科技进步奖二等奖,为保障国家粮食安全和生态安全发挥了重要作用。

本文主要通过对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、昆虫分类区系等昆虫分支学科的发展研究报告的调研,总结了国内外昆虫学研究的新进展、新方法与新技术,探讨了我国昆虫学未来发展存在的问题,提出了我国昆虫学未来发展的方向与优先发展领域,以提升我国昆虫学研究的原始创新和集成创新能力。

## 1 我国昆虫学发展的主要成就

(1) 昆虫生理生化与分子生物学学科。随着生命科学和生物技术新原理与新方法的不断渗透、交叉与融合,昆虫生理生化与分子生物学已得到迅猛快速地发展。其主要体现在下列7个方面:①在昆虫基因组及功能基因研究方面,独立完成了家蚕基因组框架图,构建了第一张完整的以第二代分子标记为主体的家蚕高密度遗传连锁图,构建了直翅目和不完全变态昆虫首个EST数据库,即飞蝗EST数据库。②在昆虫miRNA的分析方面,研究了昆虫非编码RNA基因及其相关蛋白基因,解析了家蚕变态发育相关的miRNA。在昆虫神经与认知方面,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,证明果蝇中心脑区一扇形体结构参与调节视觉图形的识别过程。③在昆虫发育的功能基因及内分泌调控方面,重点研究了家蚕基因表达谱及与变态发育相关的重要功能基因、棉铃虫蜕皮与变态基因的表达模式及其激素调控模式、棉铃虫滞育分子机制、甜菜夜蛾几丁质合成通路中关键基因及其功能等。④在昆虫免疫的分子机理及相关免疫功能物方面,研究了昆虫免疫模式识别受体和天然免疫效应分子,发现了吸血昆虫唾液腺分泌物有关免疫调节多肽等。⑤在昆虫生殖生理研究方面,明确了半胱氨酸蛋白酶具有参与降解卵黄蛋白的功能,探明蝶蛹金小蜂卵黄发生过程及其内分泌调控机制。⑥在昆虫抗逆生理研究方面,重点明确了热休克蛋白在昆虫耐热/耐寒中的作用及其机制,探明了昆虫烟碱型乙酰胆碱受体的构成、受体配基结合腔的特异组成、药理学特性及其与抗药性关系。⑦在植物—昆虫—天敌互作的生理基础方面,重点明确了铃夜蛾对寄主植物的选择和适应、寄主植物对铃夜蛾的化学防御、棉铃虫齿唇姬蜂对寄主棉铃虫的分子适应和广食性棉铃虫与专食性烟青虫的演化关系,明确了菜蛾盘绒茧蜂—小菜蛾、蝶蛹金小蜂—菜粉蝶、腰带长体茧蜂—亚洲玉米螟间相互防御的生理机制。

(2) 昆虫毒理学。近年来,我国昆虫毒理学的研究成果主要集中在害虫抗药性方面的研究,表明靶标变异和代谢酶系的活性增加是靶标害虫产生抗药性的两类主要机制。

在靶标抗性变异研究方面,主要集中在乙酰胆碱受体(nAChR)、乙酰胆碱酯酶(AChE)和钠离子通

道的研究。研究证实了昆虫烟碱型乙酰胆碱受体(nAChR)的抗药性突变位点,揭示了新烟碱类杀虫剂与靶标的结合部位。在多种昆虫体内发现 2 个乙酰胆碱酯酶(AChE)基因,阐明了多个 AChE 抗药性相关的新突变位点,揭示了昆虫 AChE 的抗药性多点突变特性;明确了钙粘蛋白基因的部分缺失是棉铃虫对转 Bt 棉抗性的主要机理。

在昆虫代谢酶系研究方面,主要集中在细胞色素 P450s、羧酸酯酶(CarEs)和谷胱甘肽转移酶(GSTs)的研究。从生物化学、分子水平上,明确了棉铃虫 P450s 与其抗药性的关系、以及植物次生物质对 P450s 的诱导作用;明确了植物次生物质对棉铃虫 GSTs 诱导的组织特异性表达及其对次生物质的代谢。从不同层次上,研究明确了棉蚜对菊酯类药剂和有机磷类药剂的抗性与 CarEs 表达量增加有密切的关系。

(3) 昆虫生态学。主要进展体现在:①从昆虫生理生态学角度,对棉铃虫、二化螟、烟粉虱等重要害虫种群的地理型分化开展了系统研究。②阐明了 B 型烟粉虱的交配行为,发现非对称交配互作机制是入侵生物 B 型烟粉虱一种重要的内在潜能;揭示棉铃虫和粘虫等在秋季迁飞顺风南下时,有向西南定向的偏好,而且棉铃虫能够根据风向调整头向与风向的夹角以校正风产生的漂移特性。③以我国重要经济昆虫棉铃虫、烟夜蛾、甜菜夜蛾、水稻螟虫、东亚飞蝗、草地螟、家蝇、家蚕、中华蜜蜂等为研究对象,克隆得到了多种气味结合蛋白新基因。④发现害虫为害诱导的水稻挥发物在天敌昆虫的寄主寻找行为中起重要作用,并且这种挥发物的释放具有系统性;在重要害虫行为、作物次生化合物和作物抗虫性三者关系研究的基础上,提出了“作物免害工程”和“植物保护剂”的新概念,并建立了一整套相应的研究方法。⑤除继续阐明若干重要生态系统中节肢动物群落的结构和功能外,在转基因植物种植对节肢动物群落的影响以及昆虫与病毒的相互作用等方面取得了突出进展。⑥在自行设计、组装的开顶式 CO<sub>2</sub> 浓度、O<sub>3</sub> 浓度控制箱基础上,开展了小麦—棉铃虫—中红侧沟茧蜂、番茄突变体—棉蚜—寄生蜂、烟草—PVYN—桃蚜—棉蚜—内共生菌 Buchnera—蚜茧蜂、棉花—烟粉虱—内共生菌 Buchnera—病毒等系统对 CO<sub>2</sub> 和 O<sub>3</sub> 浓度升高的响应的研究<sup>[15]</sup>。

(4) 昆虫生物防治学。主要体现在:①挖掘、保护和繁殖了一批外来入侵害虫的本土天敌资源,并逐一明确天敌对外来害虫的控制作用。②从生态学、生理学、分子生物学等多方面对各类天敌的控害机制进行了研究,明确了一批天敌成功控制害虫的机制。③在天敌昆虫的繁殖和大面积推广应用方面,不仅掌握了一些已有相当基础的天敌种类的人工大量繁殖技术,而且实现了工厂化生产和商品化销售,在实施技术上也已形成了复合利用各类天敌与生态措施的害虫控制技术体系。④在害虫病原微生物工厂化生产和商品开发过程中,从剂型、田间效果、各类复配试剂等方面得到了长足的进步,使我国生物农药的种类达到注册农药品种的 25%。⑤开展了新兴生物技术 in 害虫生物防治中应用的探索性研究工作,如利用显微注射或微生物介导的 RNAi 技术防治甜菜夜蛾的探索。

(5) 害虫综合防治学科。近年来我国研究建立了一批基于单个虫害如蝗虫、棉铃虫、稻飞虱、草地螟和烟粉虱等的综合防治技术体系,和基于作物系统如小麦、水稻、玉米、大豆、棉花、蔬菜、果树和林木害虫的综合治理技术体系。其中:①利用“3S”技术建立了多种农林害虫的监测预警系统,显著地提高了监测预警水平与能力。②通过作物品种多样性、生态系统多样性和诱集植物的利用,发展了主要农作物重大害虫生物生态调控技术体系,应用效果十分显著。③充分利用白蛾周氏啮小蜂和美国白蛾 Hc-NPV 病毒相结合、胡瓜钝绥螨、赤眼蜂、病原微生物及其代谢产物等生物因子,在害虫生物防治技术的应用方面取得了很大进展。④针对我国农药生产和使用中存在的主要问题,在生物源农药及其类似物、农药新剂型和多功能混剂、农药安全高效使用技术、重要病虫害抗药性基因早期检测技术及病虫害抗药性综合治理技术体系方面进行了系统深入的研究。⑤评价了抗虫转基因作物利用技术,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非转基因的玉米、大豆、花生和蔬菜等其它作物田的发生与危害。

(6) 资源昆虫保护利用学科。主要体现在下列 5 个方面:①以果蝇为代表的模式昆虫,集中研究了昆虫生长发育与调控机制;以家蚕等模式昆虫为代表,重点研究了激素和神经肽调节生长发育过程,并初步总结出了内分泌控制昆虫生长、变态蜕皮的一般规律;应用基因组学的方法,通过比较飞蝗群居型和散居型两型的基因表达谱,发现有 532 个基因的表达和许多生理过程在两型间有明显差别,参与了型

变的调控过程。②成功绘制了“家蚕基因组框架图”,通过基因组生物学分析获得了 18 510 个家蚕基因,其中大部分为新发现基因。③对传粉昆虫的行为和机能的研究与利用向广度和深度扩展。④从资源昆虫获取活性物质(如昆虫中提取抗菌肽、抗癌及抗肿瘤活性物质、活性蛋白、活性酶等)的研究成为新的生长点。⑤传统的资源昆虫仍是创汇农业的主体,如我国养蜂业在蜂群数量、蜂产品、白蜡和五倍子都居世界第一位,中国蚕茧和蚕丝(生丝和废丝)年产量占世界总产量的四分之三,蚕丝是我国具有显著竞争优势的传统出口创汇产品。

(7) 昆虫区系分类学。近年来,随着支序系统学、系统学理论和分子生物学手段的广泛应用,我国传统的昆虫分类学已经从简单地描记朝着综合分析方向发展。而且,研究手段与方式更加多样化,古昆虫学、解剖学、胚胎学、细胞学、遗传学、地理学、生态学、分子生物学等多学科的技术方法应用到昆虫分类学研究当中,使我国昆虫进化与系统学成为研究的重点。

同时,已有越来越多的昆虫类群通过分子生物学方法的利用而研究获得了新的系统发育关系。如 DNA 分类学或 DNA 条形码物种鉴定方法的发展,引发昆虫分类、系统发育和昆虫进化研究的重大变革,特别是该方法帮助分类学家们鉴别出了许多隐存种,在传统分类学、系统发育与种群遗传学中发挥越来越明显的作用。

此外,随着计算机鉴别技术的不断发展,我国传统的昆虫分类检索表将会被基于矩阵的计算机交互式检索系统所替代。计算机交互式检索系统不仅可以由多种路径最终到达正确鉴定结果,而且还可以通过广泛的超文本链接到相关的图像、术语和其它相关资料。

## 2 我国昆虫学与国际昆虫学研究水平的差异比较

尽管我国昆虫学已有很大发展,甚至有些研究、技术或分支学科已达到国际先进水平和国际领先水平,但总体上与国际先进水平比较仍有较大的差距。主要表现在:

(1) 原创性较弱。很多研究都是跟踪国外研究,几乎没有一条昆虫学理论来自于我国。

(2) 缺乏研究的系统性。由于我国科学研究体制的独特性和经费资助的非连续性和相对投入不足,很少有围绕同一主题长期深入研究的,连续发表高水平论文的实验室不多。

(3) 缺乏从科研到应用的桥梁。缺乏研究集成单项技术成果和大规模应用的配套技术,缺乏上规模的害虫防治、资源昆虫利用的企业。产学研结合不紧密,一些科研部门只注重发表 SCI 论文,不关心其潜在的应用价值。

(4) 专利意识淡薄。对不同昆虫种类、资源开发、害虫控制应用技术等缺乏专利申请和保护。同时,从市场角度,也没有做好与国外昆虫学企业进入中国市场后的竞争准备,缺乏对策和应对措施。

(5) 昆虫基因组与功能基因组研究相对滞后,在已经完成测序的 6 种昆虫中,仅家蚕是我国独创的。然而,我国目前尚没有对代表性种类开展相关工作。而且,国外非常重视利用模式昆虫学深入开展昆虫的生长发育和调控的研究,但我国利用模式昆虫开展的研究仍然偏少。

但不同的分支学科之间不同,具体体现在:

(1) 昆虫生理生化与分子生物学。我国昆虫生理生化与分子生物学领域与国际水平相比差距体现在:①昆虫基因组与功能基因组研究相对滞后,在已经完成测序的 6 种昆虫中,仅家蚕是我国独创的。然而,我国目前尚没有对代表性种类开展相关工作。②我国在鉴定新的、重要的基因方面远远落后,多数克隆的基因是跟踪国外的发现,而不是在国际上率先,说明源头创新不足,基础欠扎实。③生理学实验是解决基因功能的唯一手段,有无相关功能的验证结果,是水平高低的重要标志。国内有重生化和分子生物学而轻生理学的倾向,这点体现在国内刊物上发表的相关昆虫生化和分子生物学论文尤为明显,不少论文通篇是为了克隆而克隆,缺乏生理学实验,也少涉及基因的功能。与之形成强烈对比的是国际上非常重视基因功能,没有相关的功能研究,仅仅涉及基因序列的论文甚少。④缺乏系统性。纵观国外高水平的实验室,都是从不同的角度、不同的路径瞄准同一个目标,即要解决某一生物学问题,连续多年发表的论文都是相互间有密切相关的。

(2) 昆虫毒理学。我国科学家近年来在《Pesticide Biochemistry and Physiology》、《Pest Management Science》等昆虫毒理学领域的主流杂志发表的数量显示,我国在昆虫毒理学领域的研究已经跻身于国际行列。但是平均研究水平要低于发达国家。最主要的是我国科学家跟踪研究仍然占主体。在新杀虫药剂发明方面我国远远落后,与之相关的新药剂的毒理机制研究也落后于发达国家。自从有机合成

药剂问世以来,抗药性的研究比例直线上升,在抗药性品系选育、抗药性治理技术等方面我国略占优势,这与我国的国情有关。在抗药性机制蛋白质水平、相关基因克隆、监测等方面研究与国外相当;但在抗药性基因异源表达、功能鉴定、调控等方面的研究却显得不足。

(3) 昆虫生态学。与发达国家相比,我国昆虫生态学和害虫控制领域的研究在深度和广度方面均还有一定差距。在广度方面,我国昆虫学工作者总量不足,因而关注的往往是重要的农林害虫,对次要一些的害虫以及天敌的研究相对较少;在深度方面,主要是机理和前沿方面的研究不多。以植物—害虫—天敌的化学生态学研究为例,国内主要研究:①昆虫为害植物后次生化合物的变化及其对害虫天敌的影响。②昆虫为害植物后若干信号通路中基因表达的变化。③诱导抗虫性的系统性等。而国外则主导了这些研究方向,在诱导因子、信号传导、基因表达、生物合成等方面均处于领先地位<sup>[16]</sup>。在研究过程中,国外不仅大量用到拟南芥等模式植物,还不断应用新的理论和技术。例如,通过调控模式植物拟南芥萜类代谢途径,使植物释放两种新的异戊二烯物质,可吸引捕食性天敌(捕食螨),从而增强植物的防御能力;通过在本地烟草中沉默脂氧合酶、氢过氧化物裂解酶和丙二烯氧化物合成酶的表达,可抑制羟脂信号传导。

(4) 害虫生物防治。与发达国家相比,全面应用生物防治技术控制害虫方面仍有相当的差距,主要是对已获单项成果的生防技术的集成和大规模应用的配套技术缺乏研究,其次是对昆虫天敌的利用只注重大量繁殖和释放技术的研究,而对天敌作为一个生防制剂所需要的包装、贮存、安全运输等商品化技术研究较少。因此,室内所繁殖的大量天敌无法适时、安全地到达田间进行实际应用。再则,我国缺乏上规模的天敌企业,生物农药的原创性拳头产品也很少,工艺和剂型的技术相对落后,产业规模小,植物源农药和生物制剂的农药市场占有率远远低于发达国家 20%~60% 的水平。

我国生物防治研究就“基础研究和应用基础研究”来讲,基础研究相对薄弱、后劲不足,在天敌与害虫的互作机制、农田食物网作物—害虫—天敌间的信息网与通讯机制、天敌控害作用的评价方法、天敌引种的基础理论研究及风险评估、新的害虫天敌、病原微生物的基础和应用研究以及用新的生物技术开发改良型(特别是抗寒、抗热、抗旱、抗药、抗多种虫害)天敌和病原菌品系以及主要害虫种类的不育技术等有待进一步加强研究。在生物防治技术的知识产权保护方面,存在专利意识淡薄,对不同天敌种类、不同天敌综合应用技术等缺乏专利申请和保护。同时,从市场角度,我们还没有做好与国外天敌企业进入中国市场后的竞争准备,缺乏对策和应对措施。

(5) 害虫综合防治。国外对一些高科技手段或方法如遥感技术(RS)、地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)、图像识别和分析技术、人工智能决策支持系统技术(AIS)和计算机网络管理技术(IMS)等在害虫综合防治中的应用越来越广泛。重视利用昆虫雷达、卫星遥感等技术开展农作物病虫害的遥感监测,适当结合田间调查,其获得的数据通过地理信息系统进行分析,结合人工智能、模型和专家系统,开展预警和防治决策,通过计算机网络等手段进行信息发布,结合全球定位系统开展精准防治。在分子生物学技术在害虫综合防治中的应用方面,国外利用基因组学和蛋白质组学的发展和突破以及分子生物学和生物技术的迅猛发展,衍生出抗虫转基因植物、转基因昆虫利用技术、杀虫基因重组微生物、作物害虫的分子检测与诊断技术和分子昆虫学等学科的形成与发展,这些学科为现代害虫防治学提供了先进的技术支持。

与国际同行比,我国对虫害的中短期预测取得了许多成绩,但对大尺度的长期预报的研究仍不够。在信息的传递和发布手段上,发达国家已实现计算机网络化,有些国家已把虫害的有关信息作为服务资源,通过互联网传递给农户。此外,对害虫分子检测技术、转抗虫基因植物、转基因昆虫的研究与应用等,与美国等发达国家存在较大的差距。

此外,我国对研发转基因抗虫作物比较重视,已达到国际先进水平,但是在农业昆虫分子生物学研究方面起步较晚,目前主要偏重于用分子标记等方法检测、鉴别昆虫近缘种、地理种群或种内不同生物型等工作,而极少涉及转基因昆虫的研究。据报道,美国等国科学家已研制出转基因抗药性天敌,并尝试用转座子诱导基因重组的方法培育出分子不育昆虫和用改变昆虫体内共生菌功能的方法削弱介体昆虫传播病毒的能力。

(6) 资源昆虫。在利用模式昆虫基因组研究方面,目前国外非常重视以果蝇为代表的模式昆虫基因组研究。另一个昆虫为蜜蜂,随着蜜蜂基因组序列的发表,有关蜜蜂的社会是一种资源共享、精确分工和相互交流的高度结构化群体,而弄清楚这种高级组织状态是如何由单一生活方式进化而来的一直

是生物学家关注的问题。我国对昆虫基因的功能研究主要集中于家蚕。

在昆虫活性物质方面,国外许多研究人员从事昆虫其它活性物质的分离、鉴定和功能检验工作。已经发现的抗菌肽达到了1 000种,涉及的昆虫有鳞翅目、双翅目、膜翅目等。与国外相比,我国的抗菌肽、抗菌蛋白的研究还处于表观研究阶段,在利用其诊断疾病、控制疾病及其产业化方面还有待进一步发展。

对传粉昆虫研究,国外集中于传粉昆虫与植物之间的互作关系,尤其是外来入侵植物与本地传粉昆虫之间的互作关系。许多发达国家为追求农产品的质量,提高食品安全,大力开发和应用传粉昆虫,而且有很多专营传粉昆虫的企业。

国外仿生昆虫的研究主要集中在仿昆虫飞行器研制、虫型机器人或虫型飞机、仿昆虫触角感受器开发生物传感器、仿昆虫视觉及其控制机理进行机器人导航、仿昆虫表面微结构研制新型脱黏附和防伪技术、仿昆虫感觉系统研制声纳-反声纳装置等。我国在昆虫仿生学方面研究的较少,仅见SMA仿昆虫蠕动微型车、模拟臭蜚螂股节用于材料科学及应用昆虫的飞行机制研制扑翼飞行机器人。

传统资源昆虫如蜜蜂、家蚕、紫胶虫、胭脂虫、白蜡虫的应用方面,与国外同类研究相比,在家蚕的基础研究方面还相对较弱,在蚕丝的应用研究方面仅局限于纺织产品。对于蜂蜜和蜂胶的利用研究,国内还停留在食品和保健品的开发利用层面,而在工业和医药上的应用研究相对较少。另外,我国在胭脂虫及胭脂红色素的研究和利用方面与国外相比还有较大差距,每年仍需花大量外汇进口胭脂红以用于制药及食品工业。

(7) 昆虫分类学。我国是世界生物多样性最丰富的国家之一,但与国际相比:①分类学领域起步晚,基础薄弱,特别是近年来受到经费等限制,我国昆虫分类学作为最基础的学科反而被削弱,许多昆虫类群和区域尚没有开展研究。②国际上目前已有越来越多的昆虫类群通过分子生物学的方法的利用而研究获得了新的系统发育关系,一些具有重大科学意义的问题如:对进化速率的估计、系统发育基因组、DNA分类及DNA条形码等受到关注;但我国还刚刚起步。③各国政府对生物系统学和进化生物学研究的资助程度日益加强,其中昆虫因其种类的优势而占有重要地位。探讨地球上物种及物类之间的谱系关系即生命之树(the tree of life)的重建,并通过重建生物演化的历史从而对地球的演化历史提供线索与证据已成为世界性热点课题。

### 3 我国昆虫学发展的战略

根据国际上昆虫学发展新趋势,结合我国的实际,未来昆虫学的发展将以掌握我国昆虫资源为基础,围绕害虫管理和有益昆虫保护为主线,以代表模式昆虫、重大农林卫生害虫和主要资源昆虫为研究对象,高度重视多学科交叉与渗透,宏观与微观相结合,及时运用现代生命科学和生物技术领域原理、技术和方法武装本专业学科领域,促进昆虫学科的又好又快发展。

未来我国昆虫学的研究方向为:

(1) 加强对昆虫分类区系、昆虫生理生化与分子生物学、昆虫生态学、昆虫毒理学、资源昆虫学等基础昆虫学科的研究。

(2) 重视模式昆虫的研究与利用。利用目前已经测序的昆虫基因组学,深入探讨昆虫的生长发育与调控机制。

(3) 注重现代生物技术与信息技术的应用与改造。利用信息技术开展害虫的预测预报和大范围的监测,利用生物技术研究阐明昆虫抗药性形成的分子遗传机理,利用基因工程发展生物农药等等。

(4) 强调与国家需求紧密结合,围绕毁灭性害虫、外来入侵生物、转基因生物、恐怖性害虫等,开展重大害虫猖獗危害的机制及可持续控制研究,外来农业有害生物预防、预警、有效隔离、紧急扑灭、入侵机理和可持续控制技术研究,农业转基因生物对人类、环境和生物多样性的潜在风险的科学研究和系统评价,从总体上提高昆虫学基础研究与应用的水平。

(5) 开展资源昆虫、天敌昆虫的调查、研究与利用,减少化学农药的污染,保障国家粮食安全和生态安全,促进农业增效和农民增收。

预计未来优先发展的十大研究领域:

(1) 对我国重要地区的昆虫进行系统调查,提出关键地区昆虫保护利用对策。

(2) 选择我国重大害虫和资源昆虫为对象,系统开展其基因组测序与功能解析研究,为深入研究害

虫猖獗为害机制、资源昆虫利用的创新奠定基础信息。

(3) 以代表性昆虫种类研究为切入点,系统开展昆虫变态、生殖、滞育、飞翔等重要生命活动的分子调控机理研究,探明害虫的种下分化特征,揭示害虫遗传变异的内在机制;开展昆虫细胞免疫与体液免疫的分子机制,揭示昆虫防御入侵微生物与寄生蜂寄生的生理行为反应及其分子机制,为害虫自身控制及昆虫源抗微生物药物的挖掘与应用提供理论基础。

(4) 系统开展重大害虫对极端温度、干旱、温室气体和杀虫剂等环境胁迫的生理生化与行为反应及其分子机制,阐明重要害虫的生态适应策略和机制,揭示害虫抗药性机理,为害虫的生态控制提供理论基础。

(5) 系统研究植物—害虫—天敌之间的三级营养互作关系的生理与分子机制,分析害虫致害与植物抗性互作机制和天敌昆虫寻找、选择寄主的机理以及天敌昆虫对害虫的适应和调控机制,揭示植物—害虫—天敌之间的协同进化,为害虫可持续控制提供新原理与方法。

(6) 发展害虫生物防治方法,开展天敌的保护利用、天敌昆虫人工繁育的营养学与生理学基础、天敌引进后的适应性及其与本地种的竞争和天敌昆虫生物防治与化学防治的协调等方面的研究。

(7) 开展新生代安全型转基因抗虫植物培育、基因工程微生物杀虫剂、害虫功能基因的 RNA 干扰等等研究,探索生物技术 in 害虫治理中应用的新思路与新方法。加强我国转基因昆虫的研究,培育抗药性天敌和分子不育昆虫及传毒能力弱的介体昆虫,以提高对有害生物的防御能力,寻求害虫可持续控制的新途径。

(8) 研发高新技术在害虫监测预警领域的应用。利用昆虫雷达检测技术、3S 技术监测害虫的发生为害动态,建立重大害虫区域性爆发危害地理信息系统和早期预警模型,研究爆发成灾的风险分析技术并制定风险治理对策。

(9) 开展外来农业有害生物预防、预警、有效隔离、紧急扑灭、入侵机理和可持续控制技术研究。

(10) 分析评价转基因生物安全性与昆虫关系。

#### 参考文献:

- [1] 戈峰. 中国昆虫学发展研究报告[M]. 中国科学技术协会主编. 2008—2009 昆虫学学科发展报告. 北京: 中国科学技术出版社, 2009.
- [2] 祁佳月. 2005 年与昆虫学相关的国家自然科学基金资助项目一览表[J]. 昆虫知识, 2007, 44(5): 774—776.
- [3] 祁佳月. 2006 年与昆虫学相关的国家自然科学基金资助项目一览表[J]. 昆虫知识, 2007, 44(6): 934—936.
- [4] 祁佳月. 2007 年与昆虫学相关的国家自然科学基金资助项目一览表[J]. 昆虫知识, 2008, 45(1): 170—174.
- [5] 祁佳月. 2008 年与昆虫学相关的国家自然科学基金资助项目一览表[J]. 昆虫知识, 2009, 46(1): 170—176.
- [6] 中国科学技术协会主编. 2007—2008 植物保护学学科发展报告[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2008.
- [7] 中国科学技术协会主编. 2008—2009 昆虫学学科发展报告[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2009.
- [8] 罗晨, 张芝利. 与昆虫学相关的“973”计划项目简介[J]. 昆虫知识, 2007, 44(6): 785—790.
- [9] Liu G, Seiler H, Wen A, et al. Distinct memory traces for two visual features in the *Drosophila* brain[J]. Nature, 2006, 439: 551—556.
- [10] Liu S S, De Barro P J, Xu J, et al. Asymmetric mating interactions drive wide-spread invasion and displacement in a whitefly[J]. Science, 2007, 318: 1769—1772.
- [11] Liu Z, Williamson M S, Lansdell S J, et al. A nicotinic acetylcholine receptor mutation conferring target-site resistance to imidacloprid in *Nilaparvata lugens* (Brown Planthopper)[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 2005, 102: 8420—8425.
- [12] Mao Y B, Cai W J, Wang J W, et al. Silencing a cotton bollworm P450 monooxygenase gene by plant-mediated RNAi impairs larval tolerance of gossypol[J]. Nature Biotechnology, 2007, 25(11): 1307—1313.
- [13] Wu K M, Lu Y H, Feng H Q, et al. Suppression of cotton bollworm in multiple crops in China in areas with Bt toxin-containing cotton[J]. Science, 2008, 321: 1676—1678.
- [14] Zhang K, Guo J Z, Peng Y, et al. Dopamine—mushroom body circuit regulates saliency-based decision-making in *Drosophila*[J]. Science, 2007, 316: 1901—1904.
- [15] 戈峰, 陈法军, 吴刚, 等. 昆虫对大气 CO<sub>2</sub> 升高的响应[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 212.
- [16] 戈峰. 昆虫生态学原理与方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008: 212