

国家自然科学基金动物学科资助 昆虫生理学项目综述

陈 领^{1,*}, 胡景杰¹, 陈 越¹, 王 倩², 艾 辉³

(1. 国家自然科学基金委员会生命科学部, 北京 100085; 2. 中国科学院上海生命科学研究院植物生理生态研究所, 上海 200032;
3. 华中师范大学生命科学院, 武汉 430079)

摘要: 昆虫生理学是昆虫学分支学科中发展最快的学科之一。本文对国家自然科学基金委员会生命科学部动物学科成立 20 多年以来昆虫生理学项目的资助情况进行了分析, 截止 2009 年, 昆虫生理学面上项目共资助 92 项, 占总资助项目 1 208 项的 7.62%; 青年基金共资助 16 项, 占总资助项目 132 项的 12.12%; 资助重点项目 10 项。目前, 我国昆虫生理学基础研究的发展已经从组织、细胞水平深入到分子和基因水平。昆虫的基因组学, 昆虫发育的功能基因及激素调控, 寄主植物、昆虫、天敌三者之间的协同进化, 昆虫免疫及其机制等将是昆虫生理学的发展趋势。未来我国昆虫生理学研究应在研究方向、人才队伍建设、国际合作以及发挥基金的引领作用等几个方面有所加强。

关键词: 动物学科; 昆虫生理学; 科学基金; 资助项目; 研究进展

中图分类号: Q965 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2011)01-0104-06

Advances in insect physiology based on programs funded by Zoology Division of the National Natural Science Foundation of China

CHEN Ling^{1,*}, HU Jing-Jie¹, CHEN Yue¹, WANG Qian², AI Hui³ (1. Department of Life Science, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085, China; 2. Institute of Plant Physiology and Ecology, Shanghai Institutes for Biological Sciences, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200032, China; 3. College of Life Science, Huazhong Normal University, Wuhan 430079, China)

Abstract: Insect physiology is one of the fastest-growing disciplines of the entomology. Through analysing the insect physiology programs funded by Zoology Division of Life Science Department, the National Natural Science Foundation of China (NSFC) over the last twenty years, we found that the Division supported 92 programs for General Projects, accounting for 7.26% of the total 1 208 funded proposals. Sixteen applications for Young Scientists' Fund were supported and accounted for 12.12% of the 132 proposals funded. Regarding the key programs, 10 projects were funded. The development of basic researches on insect physiology in our country has extended from tissue and cell level into molecule and gene level. Studies of insect genomics, functional gene and hormone regulation in insect development, co-evolution between host plants, insects and natural enemies, insect immunity and its mechanism, etc., will be the development tendency of insect physiology. In the future, researches on insect physiology in our country should be enhanced in such areas including research direction, talents squad construction, cooperation among nations and the leading role of funds.

Key words: Zoology; insect physiology; science foundation; funded programs; research progress

近年来,随着动物学的发展,中国昆虫学的发展有了长足的进步,而昆虫生理学(insect physiology)无疑是昆虫学众多分支学科中发展最快、取得进展最大的分支学科之一。在基础研究方面,分子生物学、功能基因组学的方法和技术在昆虫生理学科中得到了充分的应用,使生理学研究从组织、细胞深入到分子和基因水平,促进了学科的发

展;在应用基础方面,基础研究的部分成果为应用研究提供了理论依据,同时,应用研究为理论研究的探索和运用提供了条件和机遇,随着研究的不断深入,中国昆虫生理学家也逐渐在国际学术舞台上展露才华,多次被邀请在国际学术会议上报告研究进展。

昆虫生理学研究从比较薄弱的基础起步,在国家自然科学基金等项目的支持下,昆虫生理学的研

作者简介: 陈领,男,1963年生,博士,副研究员,现从事基金管理工作

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: chenling@nsfc.gov.cn

收稿日期 Received: 2010-08-02; 接受日期 Accepted: 2010-12-24

究逐步发展壮大,在某些研究方向上逐渐形成了自己的特色,并在国际相关研究领域能够占有一席之地。新的研究成果不仅对人类认识生命的本质起到了重要作用,而且广泛应用于农业和医药等领域,体现出巨大的社会价值。本文对 20 多年来自然科学基金动物学科在昆虫生理学领域的资助情况和研究成果做一综述,以反映我国昆虫生理学基础研究的发展概况和现状,并对未来昆虫生理学的发展提出了建议。

1 资助情况分析

面上类项目是国家自然科学基金研究项目系列中的主要部分,支持从事基础研究的科学技术人员在国家自然科学基金资助范围内自主选题(国家自然科学基金委员会,2010)。本文面上类项目包括面上项目、青年基金项目 and 地区基金项目。自 1986 年基金委成立以来,昆虫生理学面上类资助项目所占的比重越来越高。截止 2009 年,昆虫生理学面上项目共资助 92 项,占总资助项目 1 208 项的 7.62%,占昆虫学资助项目 328 项的 28.05%,是除了昆虫系统与分类学分支学科外受资助第二多的学科;青年基金共资助 16 项,占总资助项目 132 项的 12.12%,占昆虫学项目 61 项的 26.23%;地区基金共资助 2 项,占总资助项目的 2.11%,占昆虫学 30 项的 6.67%。

从这些资助项目的研究对象来看,多为我国一些重要的害虫和益虫,主要集中在鳞翅目昆虫,包括家蚕、棉铃虫、玉米螟、斜纹夜蛾、甜菜夜蛾、蓖麻蚕等,双翅目包括果蝇、家蝇、伊蚊等,研究较多的还有直翅目蝗虫、同翅目飞虱等。从研究内容来看,可以分为几个时期,从 1986 年到上世纪 90 年代中期,昆虫生理学的研究内容包括:各种信息素的鉴定、生物合成和调节机理研究,各种内源和外源物质对昆虫生长的调节作用;昆虫的抗病、免疫方面的研究,包括抗菌肽、血淋巴的免疫机理。在这段时期,出现了一些基因克隆方面的申请书,如昆虫抗性基因的克隆和分析,一些功能基因,如酶基因的克隆以及功能研究,也有一部分离子通道、蛋白方面的申请,但是这些研究水平还比较低。从 2000 年以后,更多的申请者着重研究生理现象的分子机理,对基因的功能、调控以及作用机理进行了深入的研究,而传统的生理学研究内容,如激素对代谢的作用机理、血细胞在昆虫变态中的作用等,因为新的研究方法和研究手段的引入,也焕发了新的活力,产生了一些新的研究成

果。从 2005 年以后,涉及转基因昆虫、细胞程序性死亡、miRNA 等的研究内容也有所涉猎,使我国昆虫生理学方面的研究逐步与国际研究前沿接轨。

重点项目支持从事基础研究的科学技术人员针对已有较好基础的研究方向或学科生长点开展深入、系统的创新性研究,促进学科发展,推动若干重要领域或科学前沿取得突破。近年来,昆虫生理学共资助重点项目 10 项(表 1),其中,2007 年资助的 3 项和 2008 年资助的 2 项还在执行中。重点项目的主持人,多为主持了多项面上项目的科学家,通过面上项目的连续资助,取得了较好的研究进展,因此得到了重点项目的资助,继续开展深入、系统性的创新研究。研究内容包括昆虫蜕皮与变态、耐受性和滞育等生命现象的分子机制研究。而 2008 年的重点项目,已经开始了昆虫基因组学的研究。这是我国除家蚕外,又开展了飞蝗的基因组学研究。“十二五”期间,昆虫生理学仍是重要的重点项目资助领域。

2 研究成果

经过国家自然科学基金的资助,昆虫生理学方面的研究取得了一些重要的进展,这里仅针对结题的重点项目,对部分成果做一阐述。

2.1 蝗虫生理学研究

蝗虫是重要的迁飞害虫,一旦从散居型转化为群居型,就会出现迁飞危害。中国科学院动物研究所康乐等人为了研究飞蝗对低温胁迫的适应性机理,分别对南北地理种群飞蝗耐寒性的遗传基础,群居和散居型飞蝗耐寒性的分子基础进行了研究,发现飞蝗的耐寒性特征在不同发育阶段不同,在 7%~23% 的土壤湿度范围内,飞蝗卵过冷点与相对含水量之间存在着显著的相关性,群居型飞蝗持续高表达热激蛋白是其生殖力低和寿命短的主要原因之一。为了研究蝗虫从散居型向群居型转化机理,测定了这两种类型共 76 012 条表达序列标签(expressed sequence tags, EST),鉴定了来自于中肠、足、头部等部位的 532 个相关基因,定量 PCR 测定了一些基因的表达,结果显示出其中一些基因的作用包含调节两型分化。这些工作在国际著名杂志 *PNAS*, *Annual Review of Entomology*, *Philosophical Transactions of Royal Society (B)*, *Genome Biology*, *Global Change Biology*, *PLoS One*, *Evolution* 和 *Insect Molecular Biology* 等上发表(Kang et al., 2009)。

表 1 动物学科历年来资助昆虫生理学重点项目一览表
 Table 1 The key projects of insect physiology funded by Zoology Division, NSFC

项目批准号 Grant no.	申请者 Applicant	项目名称 Project name	依托单位 Host institution
39630050	曹梅讯 CAO Mei-Xun	调控昆虫生长发育的脑神经肽结构与功能的研究 The study of neuropeptide structure and function that control the development of insect	中国科学院植物生理生态研究所 Shanghai Institute of Plant Physiology and Ecology, CAS
39930030	符文俊 FU Wen-Jun	寄生蜂与寄主昆虫的协同进化 Parasitoid-host insect coevolution	中国科学院植物生理生态研究所 Shanghai Institute of Plant Physiology and Ecology, CAS
30230070	程家安 CHENG Jia-An	昆虫对有毒化学物质的分子适应及其机理 Molecular adaptations of insects to toxin chemicals and their mechanism	浙江大学 Zhejiang University
30330070	赵小凡 ZHAO Xiao-Fan	棉铃虫蜕皮级联反应功能基因表达研究 Expression of functional genes of ecdysis cascade reaction in <i>Helicoverpa armigera</i>	山东大学 Shandong University
30330110	康乐 KANG Le	飞蝗对低温胁迫的适应性机理研究 Study on the adaptive mechanism of <i>Locusta migratoria</i> to low temperature stress	中国科学院动物研究所 Institute of Zoology, CAS
30730012	张龙 ZHANG Long	飞蝗感受行为信息化合物的分子机制及其利用探讨 Molecular mechanism of locust perception to semiochemicals and its utilization possibility	中国农业大学 China Agricultural University
30730014	徐卫华 XU Wei-Hua	调节棉铃虫蛹滞育的重要基因鉴定及其功能分析 Identification and functional analysis of the key gene in regulating <i>Helicoverpa armigera</i> pupal diapause	中山大学 Sun Yat-Sen University
30730015	朱顺义 ZHU Shun-Yi	动物神经毒素起源的实验室模拟 Laboratory simulation of origin of animal neurotoxins	中国科学院动物研究所 Institute of Zoology, CAS
30830022	康乐 KANG Le	飞蝗两型转变的基因组学研究 Genomic analysis of phase change in the migratory locust	中国科学院动物研究所 Institute of Zoology, CAS
30830021	赖仞 LAI Ren	牛虻与其宿主相互作用的分子机制及其作为传统抗血栓中药的物质基础 The molecular mechanism of interaction between horsefly and hosts	中国科学院昆明动物研究所 Kunming Institute of Zoology, CAS

CAS: Chinese Academy of Sciences.

2.2 鳞翅目昆虫蜕皮与变态生理学研究

蜕皮与变态是昆虫特有的生理过程。蜕皮与变态相关的功能基因是害虫控制的绿色化学农药、基因重组生物杀虫剂、转基因抗虫作物、害虫遗传突变等害虫控制新途径的理想靶标。山东大学赵小凡教授通过功能基因组学、蜕皮蛋白组学研究,找到了一系列参与昆虫蜕皮级联反应的功能基因和蛋白,为今后鉴定蜕皮变态的新靶标基因奠定了基础。通过蜕皮变态差异基因表达,鉴定了棉铃虫 HMG176、C 型凝集素、Caspase-1 和组织蛋白酶 B

等基因的功能,阐明了蜕皮调控转录因子 HHR3 在蜕皮变态调节级联反应中的功能。建立了棉铃虫 3 个细胞株,初步鉴定了核转移因子、Ran 蛋白等 10 多种蜕皮变态相关的功能基因,为今后深入研究蜕皮变态的机理奠定了基础。以这些表达基因作为靶标,初步建立了筛选杀虫剂的分子模型。该项研究紧密围绕蜕皮变态开展工作,鉴定新基因和阐明基因的功能,在国际知名刊物如 *Journal of Proteome Research*, *BMC Developmental Biology*, *Developmental and Comparative Immunology* 和 *Insect Molecular*

Biology 等上发表了一系列研究论文 (Zhao *et al.*, 2006)。

2.3 昆虫生长发育及激素调控研究

许多昆虫通过环境信号调节发育, 如光周期、温度、湿度和食物营养等。昆虫中枢神经系统接收这些环境信号, 然后在神经分泌器官转化为内源化学信号, 例如神经肽、激素等。这些神经肽或激素诱导昆虫发育停滞在某个阶段, 如卵、幼虫、蛹或成虫, 这个程序化的发育停滞称作滞育。对昆虫神经肽及激素调控的深入研究, 有助于加深理解昆虫生长发育的机理, 如生长、蜕皮、变态、生殖、滞育和代谢等。中山大学徐卫华教授围绕昆虫滞育及激素调控进行了较为系统的研究, 克隆了一系列与昆虫滞育诱导与解除相关的重要基因, 如: 滞育激素、促前胸腺激素等; 与激素转运、滞育信号传递相关的基因 (N-乙酰马来酰亚胺敏感因子、安定受体结合抑制剂/脂酰辅酶 A 结合蛋白); 与滞育代谢相关的重要基因 (海藻糖合成酶、海藻糖酶、半胱氨酸蛋白酶); 调节滞育相关基因的转录因子 (POU-M2, Ap-4, Fork head) 等。此外, 该项研究还采用显微注射、免疫组化、原位杂交、放射性免疫化学和 RNA 干涉等技术方法鉴定了这些基因的生物学功能, 并在 *Insect Molecular Biology*, *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, *Journal of Insect Physiology*, *Biochemical Journal*, *Biochimica et Biophysica Acta*, *Journal of Proteome Research*, *Glycobiology*, *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 等国际知名刊物上发表研究论文多篇。目前该项目已经过中期检查, 专家指出应该在后期注重改进研究方法, 构建发育蛹和滞育蛹的脑和脂肪体的 EST 文库, 期待能获得更好的研究结果。

3 昆虫生理学的发展趋势和特点

3.1 发展趋势和特点

随着现代生物技术的发展, 昆虫学的发展不仅体现在物种多样性、害虫有效防治方面的重要性, 而且在提供生命基础知识方面发挥着重要的作用。昆虫生理学发展的趋势和特点主要体现在以下几个方面:

(1) 昆虫自身的特点使得它成为人们认识生命本质的载体, 而且体现出越来越重要的位置。果蝇因为在生物科学研究中的重要地位, 已经被认为是一般的生物学材料, 因此并不把它局限在昆虫学的

研究领域。昆虫本身易于饲养、生命周期短、繁殖量大的特点, 使得它成为实验动物的最佳选择。而选择昆虫作为材料, 也避免了应用高等动物作为实验材料的社会伦理问题, 因此在研究中昆虫作为模式系统已为越来越多的科学家所采用。而果蝇、家蚕、赤拟谷盗、蜜蜂、冈比亚按蚊、埃及伊蚊的基因组全序列的测定已经完成, 2010 年以来, 豌豆蚜、金小蜂、人类体虱的全基因组序列也已经陆续发表, 同时, 很多种重要昆虫的全基因组序列正在测定中。这么多基因组序列, 蕴含着大量宝贵的信息, 这些数据为我们昆虫生理学的研究提供了物质基础, 也为破解动物的生命密码、探究生命的本质提供了可靠的基础。在今后很长一段时间, 昆虫基因组学将一直会是昆虫生理学的热点领域。

(2) 昆虫发育的功能基因及激素调控。昆虫的重要生理功能包括生殖、蜕皮、变态等, 均涉及到多种激素、神经肽和蛋白质的作用。现阶段, 激素调控基因表达的分子机理、昆虫非编码 RNA、转录后调节机制如 microRNA、RNA 干涉、RNA 结合蛋白、RNA 酶等, 已经成为昆虫发育研究的主要内容。通过对基因转录前和转录后分子调节机制的研究, 可以阐明昆虫发育的调控机制, 不仅对昆虫的生理现象进行阐述, 更重要的是可以得到很多对于害虫防治、益虫利用有价值的功能基因, 并通过调控这些基因实现害虫的有效防治和对益虫的进一步利用。

(3) 寄主植物、昆虫、天敌三者之间的协同进化。目前, 我国对寄主植物-昆虫-天敌三者之间的关系等系统研究和认识相对缺乏。同时, 害虫预警和治理新技术创新能力不足, 害虫防治处于应急和被动状态。开展害虫种群调节的内在机制和寄主植物-昆虫-天敌之间的协同进化等研究, 对揭示害虫危害的机制, 形成中国特色的有效害虫治理战略, 提高我国有害生物防控的原始创新能力有重要意义。从作物的层面上, 进行转基因作物育种, 使作物具有抗某种害虫的抗虫基因, 而对于害虫, 通过基因沉默、平衡致死基因等手段达到有效控制种群大小的目的。而转基因抗虫作物和控制害虫种群大小后, 对天敌和环境的影响需要进一步的评估。因此, 解析寄主植物、害虫及天敌间的互作机制, 丰富和发展寄主植物-昆虫-天敌协同进化理论也是昆虫生理学发展的重要方向之一 (王琛柱, 2000)。

(4) 昆虫免疫及其机制。与高等动物相比, 昆虫无 T、B 淋巴细胞, 无免疫球蛋白和完整的补体

系统, 缺乏特异的抗原-抗体反应, 在长期的生物进化历程中昆虫形成了一套独特的细胞免疫和体液免疫反应系统。其细胞免疫主要依赖血细胞对外来抗原或异物的吞噬和包囊作用, 体液免疫主要是以抗菌肽、抗病毒蛋白、凝集素和酚氧化酶等多种活性因子, 配合多种功能的血细胞建立了一个开放、完整的免疫防御体系(洪华珠等, 2003)。昆虫的生长环境因病原物较多, 主要依靠这种天然免疫来保障昆虫的正常生长发育, 如果将天然免疫阻断, 必将影响其后的生长。目前研究主要通过生物信息学和基因组学的方法和手段研究昆虫天然免疫反应的分子机制, 以此为基础, 筛选关键基因或蛋白作靶标用于制备转基因抗虫植物或制备重组的病原微生物, 为农业害虫生物防治提供理论和实践指导。而且, 对昆虫天然免疫的研究可能会对无脊椎动物的免疫形成新的认识, 也有利于揭示包括人类自身在内的动物免疫机制, 并可能为感染性疾病和自身免疫疾病等的治疗提供新的思路。

(5) 昆虫抗逆性及其分子机制。昆虫以其惊人的繁殖力和对环境的适应能力成为地球上最繁盛的家族, 为什么昆虫携带大量病原微生物而对自身无害? 为什么许多昆虫能够生活在极为恶劣的环境中? 昆虫对不利环境的抗逆性尚需进一步的系统研究。现阶段昆虫对杀虫剂的抗药性研究相对深入一些, 主要有 4 种机制: 行为抗性、表皮穿透速率下降、代谢抗性和靶标抗性, 绝大多数的研究都集中在代谢抗性和靶标抗性 2 个方面。随着大量昆虫基因组测序完成, 昆虫系统生物学逐渐受到广泛关注。而且, 长期以来对昆虫抗逆机制(如抗药性)的独立研究可能忽略了一些有用的信息, 在基因组序列已知的情况下, 可以对昆虫不同抗逆机制进行基因组学水平的系统研究, 特别是抗逆相关基因的转录调控与表达等研究, 对昆虫抗逆的分子机制以及如何治理昆虫, 将提供一些有益的启示。

3.2 存在问题

近年来, 我国的昆虫生理学研究 and 过去相比, 取得了长足的进步, 特别在全基因组测序, EST 测定, 基因组的分子标记, SNP 的发现, RNA 相关的研究, 基因的克隆、表达和功能研究以及利用基因组序列开展的相关研究进步尤为显著, 发表了一系列高水平的论文。但是和国际水平相比差距依然很大, 体现在:

(1) 研究创新性不足, 基础欠扎实。我们在鉴定新的、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, 而不是首次发现, 这也说明了我们的源头创新不足。同时, 许多研究论文只报道基因克隆, 而没有生理学实验, 也不涉及基因的功能研究。出现这种现象可能有两方面的原因, 一是不具备开展进一步研究的条件, 二是没有深入研究的准备, 因为验证功能要花大量的时间, 会影响到已经克隆基因的尽早发表。这也说明了我们基础欠扎实, 自信心不够。以后的研究应该把许多细胞、分子水平上的微观认识综合起来回答某一个生物学问题, 改变孤立地研究个别基因而不注重整体水平上的功能(徐卫华, 2006)。

(2) 研究缺乏系统性。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, 即要解决某一个生物学问题, 连续多年发表的论文都是相互间有密切相关的。由于难以围绕同一个主题进行长期深入的研究, 针对某个科学问题连续发表高水平的论文较少, 研究的系统性不够(徐卫华, 2006)。

(3) 人才队伍建设不够。从多年来的基金项目申请情况来看, 虽然昆虫生理学的面上项目、青年基金有一定程度的增长, 但是这是伴随着我国科研水平整体的增长而增长的, 相对于其他学科来说, 增长的幅度较小, 这也说明了从事该领域的研究人员增长较慢, 很多从事昆虫生理学研究的学者, 转行进入了医学或其他研究领域。

(4) 国际交流与合作还有待加强。随着我国改革开放步伐的加快, 科学领域的国际交流与合作也越来越多, 但是, 实质性的交流与合作还需要进一步的加强, 以缩小我国和国际研究水平的差距。

4 建议

进入“十二五”时期以后, 国家将继续加大对基础研究的投入, 昆虫生理学研究也迎来了新的发展契机, 昆虫生理学将在以下几个方面予以加强:

(1) 研究方向应在契合于国家重大战略需求的基础上, 加强研究的创新性。昆虫生理学研究是害虫防治技术研究的基础, 在农业可持续发展中具有举足轻重的作用。未来昆虫生理学的优先研究领域应和当前国家农业重大科技需求及潜在的需求高度相关。主要体现为利用遗传控制等方法提供害虫控制的新方法, 利用模式昆虫的研究为人类重大疾病研究提供新的思路, 对益虫发育机理研究及遗传改造和利用。动物学科将会根据国家需求, 结合该领

域的研究进展情况, 加强关键科学问题的深入研究和集成, 以实现重要方向的发展。这些研究方向, 在满足国家重大战略需求的基础上, 将解决很多昆虫生理学的基础问题, 具有较高原始创新性。在加强研究基础方面, 应当加快学科建设, 注重科研平台的完善。昆虫生理学科的建设, 要考虑各研究方向的布局, 包括昆虫基因组学和功能基因研究, 代谢和激素调控, 营养与生殖, 通讯与感觉生理学, 免疫和对环境的生理适应, 以及昆虫与寄主的相互作用。基金项目应有针对性的对各个研究方向进行资助。对于科研平台, 应该注重国家和部门相关重点实验室的建设, 在注重科研设施等硬件完善的基础上, 要注重软环境的建设, 包括实验室管理人员的培训, 管理、运行水平, 实验室之间的交流和共享等。

(2) 发挥基金项目的重要作用, 对具有创新性的研究项目进行连续资助。目前, 动物学科已经对很多具有创新性的项目进行了连续资助, 并取得了一定的成果, 培养了一批新的学术带头人, 建设了一些具有较强科研能力的实验室。在国家基金委员会生命科学部资助的面上项目中, 还有部分昆虫生理相关的项目在生理生化、细胞、免疫、遗传、生态等学科获得资助。还有部分资助的重点项目虽涉及到昆虫生理领域, 但比例较低。国家自然科学基金将继续坚持对有创新性的项目进行连续资助, 逐渐改善昆虫生理学研究缺乏系统性的现状。

(3) 注重昆虫生理学研究的人才队伍建设。在国家自然科学基金人才体系中, 国家杰出青年科学基金、青年科学基金和创新团队, 就是为了培养和造就进入世界科技前沿的优秀学术带头人、储备基础研究后继人才和培养具有创新能力的人才和群体而分别设立的。国家杰出青年基金从 1994 年设立以来, 已经有 21 位科学家在动物学科获得了资助, 但是, 涉及昆虫生理领域的资助只有蛾类昆虫感受性信息素的分子机理研究。虽然近几年, 国家基金委对青年基金有一定的倾斜, 但仅是针对青年分类人才的, 今后将重视和加强对生理学青年基金的资助。创新团队中, 康乐研究员带领的农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室团队获得了资助。从这里我们可以看出, 我国昆虫生理学领域人才队伍还有待进一步加强, 学科将会对这一方向的人才项

目予以重视。

(4) 加强国际合作。我国昆虫生理学的研究整体上落后于西方发达国家。国际交流和合作是快速提高我国基础研究水平的一个重要方式, 基金委鼓励科学基金项目承担者开展广泛的国际合作交流活动, 推动在研基金项目的科学创新、人才培养和学科建设, 提高基金项目的研究水平。同时, 鼓励科学家通过合作与交流, 与国外合作伙伴保持良好的双边和多边合作关系。动物学科已资助昆虫生理学重大国际合作, 国际学术会议等各类国际合作项目, 鼓励基金项目承担者积极申请和参加相关的国际合作。2007 年和 2009 年中国昆虫学会生理生化分会组织的两届国际昆虫生理生化与分子生物学学术讨论会的召开, 促进了国际和国内科学家的交流。可以看出, 国家自然科学基金委在昆虫生理学科的发展中起到了积极的作用, 希望我国该领域的科研人员积极应对国际竞争的挑战, 把握机遇, 改进不足, 促进我国昆虫生理学的健康快速发展。

参 考 文 献 (References)

- Hong HZ, Peng R, Peng JX, Yang Z, 2003. Progress in the antibacterial peptides from insects, a novel bioactive material controlling infection. *Journal of Central China Normal University (Nat. Sci.)*, 37(3): 395 - 398. [洪华珠, 彭蓉, 彭建新, 杨忠, 2003. 新型抗感染生物活性物质——昆虫抗菌肽的研究进展. 华中师范大学学报(自然科学版), 37(3): 395 - 398]
- Kang L, Chen B, Wei JN, Liu TX, 2009. Roles of thermal adaptation and chemical ecology in *Liriomyza* distribution and control. *Annual Review of Entomology*, 54: 127 - 145.
- NSFC, 2010. Guide to Programs of National Natural Science Foundation of China. Science Press, Beijing. [国家自然科学基金委员会, 2010. 国家自然科学基金项目指南. 北京: 科学出版社]
- Wang CZ, 2000. The study and prospect of insect physiology discipline of China. *Entomological Knowledge*, 37(1): 12 - 17. [王琛柱, 2000. 我国昆虫生理学的研究与展望. 昆虫知识, 37(1): 12 - 17]
- Xu WH, 2006. Advances in insect physiology, biochemistry and molecular biology in the last three years in China mainland. *Acta Entomologica Sinica*, 49(2): 315 - 322. [徐卫华, 2006. 近三年来国内昆虫生理生化与分子生物学重要研究进展评述. 昆虫学报, 49(2): 315 - 322]
- Zhao XF, He HJ, Dong DJ, Wang JX, 2006. Identification of differentially expressed proteins during larval molting of *Helicoverpa armigera*. *Journal of Proteome Research*, 5: 164 - 169.

(责任编辑: 袁德成)