学术讨论

# 我国农业重要害虫成灾机理和控制研究的若干科学问题

李典谟 戈 峰 王琛柱 葛绍奎 张钟宁
(中国科学院动物研究所农业虫鼠害综合治理国家重点实验室 北京 100080)

## 1 引言

我国是个农业大国,主要害虫约有300种,其中重大害虫有30多种,其危害造成的年均损失超过100亿元。进入90年代以来,受全球气候变化、农业耕作制度变更等因素的影响,害虫的为害面积不断扩大,暴发频率增多,灾害程度加重。据估计,近几年全国重大病虫害的发生面积始终维持在23.5亿公顷,如果不加以防治,常年将因病虫灾害损失粮食15%,棉花25%以上。虽然在各级政府部门领导下进行有效的防治,每年挽回粮食棉油400亿公斤左右,但每年仍损失至少200亿公斤。目前,我国主要采用以化学防治为主的害虫防治,每年农药防治病虫害面积达到2.67亿公顷次,农药产量达到2.62亿公斤(折纯),占世界第二位,其中杀虫剂为77%。大量不合理地使用化学农药,致使抗药性昆虫种类50年增加了60倍,棉铃虫10年抗药性增加了108倍,棉蚜5年抗药性增加了300倍;农业生态系统遭到严重破坏,大量有益生物被杀死;人民群众的身体健康也受到影响,1992年我国农药中毒70068例,死亡8562人,已成为制约我国农业持续稳定发展的重要因素[1,2]。目前迫切需要组织多学科的研究队伍,利用分子生物学、信息科学等高新技术,开展和加强农业重要害虫成灾机理和控制的基础研究,以发展与环境相容的害虫控制新理论、新方法、新途径。为此,农业虫鼠害综合治理研究国家重点实验室组织有关专家就我国未来害虫基础研究的发展提出了一些新的构想。

## 2 国内外研究概况

近年来,随着害虫发生机理的深入研究,以及分子生物学、遗传工程、地理信息系统等高新技术的应用,害虫成灾机理和控制的研究均有很大进展,从国内外研究工作来看,目前害虫基础研究的发展趋势主要表现在以下五个方面[1,2]。

**2.1** 注重害虫遗传变异及其对环境适应的内在机制的研究。从生理生化及分子水平研究昆虫抗寒耐热、变态、生殖、滞育、飞翔等重要生命活动的调控机理,明确害虫对环境适应的内在机制。

**2.2** 害虫与其寄主植物之间的关系已成为研究热点。着重于研究它们之间的信号识别与传递,协同进化,特别注意到害虫与其寄主植物之间不单纯存在着为害与受害之间的关系,而且还存在着植物防御的机制[3]。在研究植物防御机制的时候,更令人鼓舞的是植物诱导防御机制,近十几年来,虫害诱导植物产生抗虫物质受到特别关注,这方面最典型的例子是植物蛋白酶抑制素,有些植物如番茄、马铃薯不受损害时蛋白酶抑制素含量很低,当昆虫咬食叶片后迅速诱导合成这种成分,昆虫取食植物蛋白酶抑制素后,消化功能失调,生长发育减慢,此外,植物还发展了间接的防御方式,当植物被害后,有的释放出气味以警告邻近的植物进行防御,而有的释放出气味以招引害虫的天敌[4]。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

**2.3** 强调发挥农田生态系统中自然因素的调控作用,重视害虫的全系统管理。

自然因素对有害生物的发生与危害起着重要的调控作用,据 Pimentel[5] 报道,在农田和自然生态系统中,天敌的控害作用在 50%以上,作物抗性和其它生态因素的调控作用占 40%,天敌与抗性的综合控害作用超过 80%。重视害虫的全系统管理的思想,要尽量掌握和利用这些调控作用,并应用现代高新技术,分析和监测害虫种群在不同作物或区域范围内的时空动态,制定出最佳防治策略。

**2.4** 寻找无公害、有效的害虫生物调控新技术。根据害虫行为特点,使用行为调节剂诱杀或干扰害虫行为;利用基因工程构建更具效力的病毒杀虫剂;开发具有调节作物抗性抑制虫害的生物活性因子和使用低毒的生物农药。

**2.5** 发展和利用转基因抗虫作物。主要研究抗虫基因在转基因作物中高效、持续、稳定的表达以及害虫对转基因抗性作物的适应机制,探索有效地延缓抗性发展的途径;研究转基因作物对生物群落结构与功能的影响,评价转基因抗性作物的生态风险[6]。

## 3 指导思想与发展目标

根据国内外研究进展,结合我国的实际情况,未来我国害虫基础研究应以生态学、信息科学、计算机科学、生理学、生物化学和分子生物学为基础,以全系统管理思想和系统复杂性理论为指导[7],采用生物技术和信息技术为核心的技术体系,综合运用宏观与微观的方法,从基

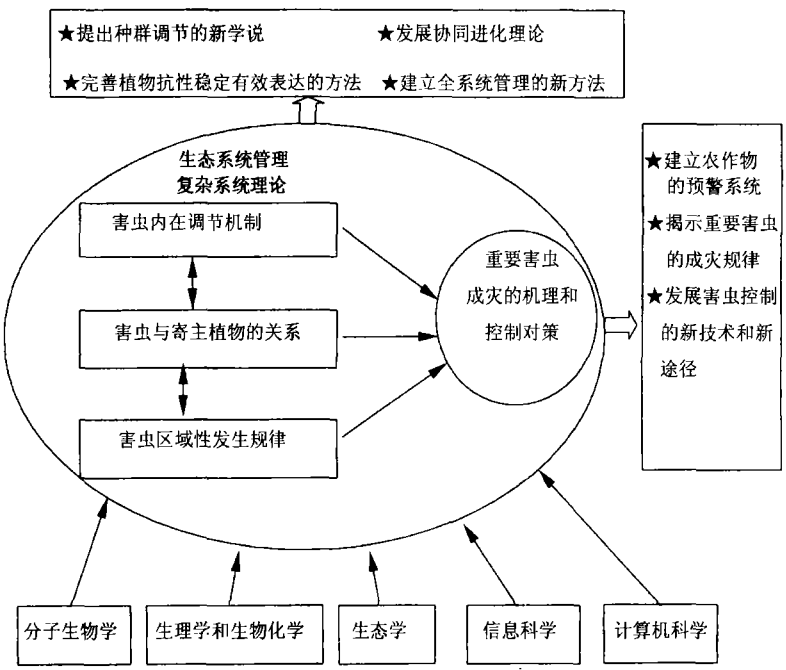


**图 1 重大农业害虫可持续控制的新途径和新方法的指导思想图**

因—个体—种群—群落—生态系统等不同层次,通过研究农业重要害虫种群调节的繁殖、抗逆和种下分化的机制,揭示害虫滞育、抗寒耐热、抗药性、迁飞扩散机理和调节的内在机制,提出害虫种群调节的新理论;通过研究农作物、害虫、天敌相互关系,阐明昆虫与寄主的信息联系及植物—害虫—天敌相互作用的机理,揭示作物防御和害虫适应的机理,丰富和发展昆虫与植物的协同进化理论;通过建立遥感信息识别模型、预警系统和大尺度宏观分析,揭示农业重要害虫成灾的机理,找出害虫区域性成灾的规律,提出相应的控制措施;由此进一步发展与

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

环境相容的生物控害技术,提出重大农业害虫可持续控制的新途径和新方法。整个指导思想如图 1 所示。

## 4 我国虫害基础研究的关键科学问题

为此,农业虫鼠害综合治理研究国家重点实验室提出以下的若干关键科学问题,作为害虫成灾机理和控制研究的主要内容。

### 4.1 害虫自身调节与适应的内在机制研究

#### 4.1.1 昆虫抗寒耐热和滞育的适应机理研究

研究温度胁迫下害虫的抗逆生理和生化特性、害虫滞育与抗寒耐热的相关性,进一步研究产生这些特性有关的休克蛋白和热滞蛋白等的分子机理,并克隆相关基因,以阐明害虫滞育的分子调节机制,揭示害虫抗寒耐热、滞育与种群数量变动的关系。

#### 4.1.2 害虫生殖与行为的激素调控

研究棉铃虫性外激素生物合成激活肽和调控生殖的肽类激素的生物学、分子生物学特征;揭示害虫性外激素的产生、释放和感受的机理,外激素的分子结构与生物活性的定量关系,为调控害虫生殖和中断害虫种内化学通讯建立理论基础。

#### 4.1.3 害虫种群分化与成灾关系

研究害虫种群分化的分子机理,分析害虫群居型与散居型、长翅与短翅、苗蚜与伏蚜和害虫地理种群的遗传分化与表型分化之间的关系,揭示害虫种群分化与成灾的规律。

#### 4.1.4 害虫抗药性形成的分子机制

研究害虫的抗性基因、药剂受体的结构与功能,分析抗性基因的表达调控过程及其遗传变异规律,抗性基因的进化过程及其在种群中的分布,阐明抗药性形成的分子机理及其发生发展规律,为抗性害虫治理提供理论依据。

### 4.2 食物链中植物 – 害虫 – 天敌的相互作用研究

#### 4.2.1 寄主植物 – 害虫 – 天敌间的化学通讯及信号识别

研究害虫对植物化学信号的感受机制、中枢神经系统的整合过程及其行为反应,以阐明害虫对寄主植物的选择机理;研究因害虫取食而诱导的信息化学物质在天敌昆虫寻找、识别寄主(或猎物)过程中的作用,开拓利用化学信息物质调控害虫与天敌行为的新途径。

#### 4.2.2 植物对害虫的化学防御

研究植物体内化学防御物质对害虫的忌避、拒食、抗代谢的作用机理及其结构与功能的关系,筛选有效的抗虫物质及其相关基因;研究因害虫取食而诱导的植物防御系统的变化,有关信号物质在植物中的传导,探索利用植物化学因素调控害虫生长发育和繁殖的新途径。

#### 4.2.3 寄生蜂对寄主的免疫适应和分子调控

研究寄生蜂对寄主免疫适应的物质基础及作用机理,通过生物大分子的分离和鉴定、基因克隆、体外表达等手段,找出起生理作用的活性物质,为大规模人工繁殖寄生蜂提供理论指导。

### 4.3 害虫迁飞扩散及区域性成灾机理

#### 4.3.1 害虫种群迁飞扩散的生理生态及分子机制

研究害虫迁飞过程中能量的转换与分配特征;迁飞型害虫的激素调节作用及其基因表达、调控的机理,阐明害虫种群迁飞扩散的生理生态及分子机制。

#### 4.3.2 农田景观格局对害虫、天敌的调控机理

研究害虫及其天敌在不同作物所组成的农田景观中辗转发生的全过程和时空动态规律,阐明景观格局、作物布局对害虫及其天敌种群调控的作用机理。

#### 4.3.3 害虫区域性发生的信息化监测与成灾规律

通过遥感(RS)监测,结合全球定位系统(GPS)和地理信息系统(GIS),整合遥感信息、地理信息及气候气象信息,建立迁飞性害虫发生与为害的信息识别模型,分析害虫发生的生态适宜度,阐明干旱、洪涝等异常气候对害虫灾害的影响,揭示种群区域发生的规律。

#### 4.3.4 全球气候变化与大气污染对害虫成灾的潜在影响

研究全球 $CO_2$ 增加、温湿度变化和 $SO_2$、

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$NO_x$ 等大气污染物对作物－害虫系统及害虫发生与为害的影响，分析这些变化可能引发的害虫分布区域、发生频率及再猖獗的风险性。

**4.4** 重要抗病虫基因的分离与利用

**4.4.1** 重要抗虫基因的分离和新的农作物防卫机制的建立

从我国的特种植物和种质资源中，分离鉴定重要的植物抗虫基因及表达调控元件，建立植物防卫基因及其表达调控元件的资源库，获得具有知识产权的各类防卫基因和表达调控元件 50～100 个。通过植物基因工程技术，结合植物抗虫的分子机制和害虫的成灾规律，建立新的农作物防卫体系。

**4.4.2** 转基因抗病虫作物的生态风险评价

研究抗性基因在转基因作物中高效、持续、稳定的表达以及害虫对转基因抗性作物的适应机制，探索有效地延缓抗性发展的途径；研究转基因作物对生物群落结构与功能的影响，评价转基因抗虫作物控制害虫的生态风险性，建立持久安全、有效的农作物转基因抗虫新策略。

**4.5** 生物控害因子的利用与害虫的全系统管理

**4.5.1** 害虫行为、发育调控剂的应用基础研究

研究昆虫性外激素、保幼激素类似物对害虫行为、发育调节的作用方式及其应用，发展引诱、干扰、驱避害虫的技术。

**4.5.2** 植物抗性诱导因子及控害的植源性先导化合物的研究

筛选、分离植物抗性诱导因子，研究其对作物抗性的诱导及其对害虫的作用；从植物中分离有杀虫和拒食作用的活性物质，研究它们的结构、功能及其对害虫的作用机理，并进一步对先导化合物进行分子改造，以获得更有效的活性物质。

**4.5.3** 微生物农药增效因子和重组病毒的应用基础研究

研究苏云金杆菌（Bt）、棉铃虫核多角体病毒（NPV）增效因子的增效作用机理；通过基因重组改造 NPV，以提高 NPV 对害虫的侵染致病能力。

**4.5.4** 害虫的全系统管理

在上述各项研究的基础上，利用网络、虚拟仿真等计算机技术和复杂系统理论，建立可读化、可视化和数字化的智能管理决策信息模型，综合分析不同的耕作制度、栽培措施、水肥管理、防治措施等农田管理方法对害虫的发生与为害的调控作用，优化农业害虫的生态系统管理，为农业害虫的调控提供理论依据。

**致谢** 参加本课题讨论的所有专家。

## 参 考 文 献

1 李典谟，谢宝瑜，丁岩钦. 动物学集刊，1995，**12**（增）：1～5.

2 戈峰，李典谟. 昆虫知识，1997，**34**（1）：48～52.

3 钦俊德，昆虫与植物的关系. 北京：科学出版社，1987. 1～227.

4 Vet, L. E. M., Dicke, M. *Annu. Rev. Entomol.*, 1992, **37**: 141－172.

5 Pimentel, D., Acquay, H., Biltonen, M., *et al*. *BioScience*, 1992, **42**(10): 750－760.

6 Gallagher, R., Appenzeller, T. *Science*, 1999, **284**: 79.

7 Lewis, W. J., van Lentren, J. C., Phatak, S. C., *et al*. *Proc. Natl. Acad. Sci., USA*, 1997, **94**: 12243－12248.

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net