

# 郭予元院士在棉铃虫区域性综合防治技术体系研究及应用中的学术贡献

——纪念郭予元院士诞辰 90 周年

戴小枫<sup>1\*</sup>, 梁革梅<sup>1</sup>, 王桂荣<sup>2</sup>, 张永军<sup>1</sup>

(1. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193;

2. 中国农业科学院深圳农业基因组研究所, 深圳 518120)

**摘要** 郭予元院士带领团队研究人员通过多年协同攻关研究, 解析了棉铃虫发生为害规律和自然种群生命表机制, 明确了棉铃虫对多种农药抗药性动态并应用于棉田抗药性治理, 揭示了黄河流域棉区棉花对不同世代棉铃虫为害的补偿生长规律和防治策略, 基于不同世代棉铃虫为害阈值和防治指标创建了准确预报二代棉铃虫发生数量的一代麦田扫网法, 开展棉花种质资源抗病虫性鉴定并指导选育多抗棉花系列新品种。通过整合诱杀、选择性杀虫剂、生物农药与化学农药次序使用和局部精准施药等绿色防治技术, 组建区域性棉花主要病虫害综合防治技术体系, 棉区棉铃虫为害得到有效控制, 引领了我国农作物主要病虫害综合防治技术的发展。本文简要回顾了郭予元院士在该领域研究中做出的主要历史贡献。

**关键词** 郭予元; 棉花; 棉铃虫; 病虫害综合防治

**中图分类号:** S 435.622.3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2022740

## Contribution of Academician Guo Yuyuan to the study on the regional technic system of integrated pest management against the rampant damage of cotton bollworm

——To commemorate the 90th anniversary of the birth of Academician Guo Yuyuan

DAI Xiaofeng<sup>1\*</sup>, LIANG Gemei<sup>1</sup>, WANG Guirong<sup>2</sup>, ZHANG Yongjun<sup>1</sup>

(1. *State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China*; 2. *Agricultural Genomics Institute at Shenzhen, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Shenzhen 518120, China*)

**Abstract** Academician Guo Yuyuan led the research teams to carry out a series study on integrated pests management (IPM) for *Helicoverpa armigera* (Hübner). The important academic progress achieved includes: revealed the occurrence and damage rules of *H. armigera* and the mechanism of its natural population life table; clarified the resistance dynamics of *H. armigera* to multiple pesticides and then applied it to control the insecticides resistance management (IRM) in cotton fields; figured out the compensation pattern of cotton plants against the infestation of different generations of *H. armigera* in Yellow River area and put forward control tactics; established a sweeping gauze technology of first-generation of *H. armigera* in wheat field to accurately predict the occurrence of the second generation of *H. armigera* based on the damage thresholds and control indicators of different generations of *H. armigera*; carried out resistance identification against diseases and insect pests of cotton germplasm resources and guided the breeding of new varieties of multi-resistant cottons; integrated the key green control technologies such as trapping, selective insecticides, rotation of biological pesticides and chemical

收稿日期: 2022-11-23 修订日期: 2022-11-28

基金项目: 中国农业科学院科技创新工程

\* 通信作者 E-mail: Daixiaofeng@caas.cn

pesticides and precise application of pesticides to build a regional IPM system for major cotton diseases and insect pests. Consequently, the disasters of *H. armigera* have been effectively controlled, which guided the further development of IPM for the main crop diseases and insect pests in China. This literature briefly reviews the major historical contributions of Academician Guo Yuyuan in the above research fields.

**Key words** Guo Yuyuan; cotton; *Helicoverpa armigera*; integrated pests management (IPM)

## 1 背景与意义

棉花是涉及国计民生和国防安全的重要战略物资。我国是世界人口大国、棉花消费与生产大国,植棉业是我国战略性、支柱性产业之一,对国民经济、社会发展和国家安全至关重要。棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner) 是亚洲、欧洲、非洲和大洋洲等的许多国家多种农作物上的重要害虫,具有寄主范围广、繁殖潜能大、种群能远距离迁移和对环境适应力强等特点,条件适宜时常大面积暴发成灾,造成棉花、玉米、花生、豆类、蔬菜、花卉等农作物的严重损失,其中以棉花遭受的损失最大。1990 年以来,棉铃虫在我国黄河、长江流域的主要棉区连续大发生,特别是 1992 年在山东、河北、河南等重灾区棉花因棉铃虫减产 50% 以上,全国棉花总产减少 1/3<sup>[1-3]</sup>。郭予元院士带领团队研究人员,通过多年协同攻关,掌握了棉铃虫发生特点和规律,组织协作单位组建了适用于不同生态区的棉铃虫综合防治体系和配套关键防治技术,该套棉铃虫综合防治关键技术经受住了 1992 年棉铃虫大暴发为害的考验,1993 年后在全国黄淮海棉花主产区棉铃虫防治工作中推广应用,为保证我国棉花生产稳定发展起到了核心支撑作用,也为后续我国植物保护工作者探索组建多种作物的区域性病虫害综合防治技术体系奠定了理论和技术基础<sup>[4-5]</sup>。

## 2 主要进展与成果

### 2.1 构建棉铃虫自然种群生命表,掌握棉铃虫种群动态规律

通过对河南新乡七里营棉铃虫自然种群生命表的多年系统研究,发现棉铃虫自然种群各世代个体的死亡均主要发生在卵期至 2、3 龄幼虫的低龄阶段,一至四代 3 龄前幼虫的累计死亡率分别可达 92.66%、93.62%、94.55% 和 95.60%,一至四代的世代存活率分别为 0.700%、0.059%、0.310%、0.176%,种群趋势指数依次为 4.371 9、0.375 6、

1.957 7、1.009 4,一代对二代的贡献率最高,二代对三代的贡献率最低。棉铃虫幼虫期受自然天敌控制作用显著,一至四代的种群控制指数依次为 8.516 4、29.746 3、10.779 8、14.291 0,对二代的控制作用最高,2 龄期被寄生是影响一至四代棉铃虫种群数量变动的关键因子,5 龄期被捕食是影响不同年份间二代种群数量变动的关键因子。一至三代的自然增殖率依次为 0.039 1、-0.047 0 和 0.046 2,周限增长率为 1.039 8、0.954 1、1.947 3。揭示了棉铃虫一至四代各发育阶段的主要天敌种类及其控制作用,新乡棉区棉铃虫主要天敌有棉铃虫齿唇姬蜂 *Camptopletis chlorideae*、中红侧沟茧蜂 *Microplitis mediator*、赤眼蜂 *Trichogramma* spp.、叶色草蛉 *Chrysopa phyllochroma*、中华通草蛉 *Chrysoperla sinica*、龟纹瓢虫 *Propylea japonica*、七星瓢虫 *Coccinella septempunctata*、异色瓢虫 *Harmonia axyridis*、窄姬猎蝽 *Nabis stenoferus*、小花蝽 *Orius* spp.、草间小黑蛛 *Erigonidium graminicola*、T 纹豹蛛 *Pardosa T-insignita*、日本水狼蛛 *Pirata japonicus*、侧纹褐蟹蛛 *Xysticus lateralis*、茶色新圆蛛 *Neoscona theisi*、三突花蛛 *Misumenops tricuspidatus*、胡蜂 *Vespidae* spp.、螳螂 *Paratenosera* spp.、蟾蜍、麻雀、燕子、白僵菌和病毒病等。其中,齿唇姬蜂和中红侧沟茧蜂是 1~3 龄幼虫的主要寄生蜂种,自然控制作用较强,依年份、世代、寄主龄期不同,寄生率可达 25.6%~87.0%;草蛉、瓢虫、蜘蛛、食虫蝽等捕食性天敌在棉田的种群数量始终较大,对 3 龄前低龄幼虫控制作用显著;螳螂、泽蛙、燕子、麻雀等天敌对高龄幼虫控制作用显著,对棉铃虫世代存活数减少的权重贡献率较高;赤眼蜂、病毒等对卵和低龄幼虫有控制作用,但对种群控制指数的贡献率较小。在此基础上,提出棉田套种或插花种植繁殖和庇护自然天敌的其他农作物,麦棉间套作,改进施药技术,施用生物农药和选择性杀虫剂,化学农药靶点精准挑治等最大限度保护利用自然天敌的措施<sup>[6-8]</sup>。

## 2.2 创建一代麦田扫网法,准确预报二代棉铃虫发生数量

经过 10 多年的连续多世代系统田间虫情动态研究,基于棉铃虫自然种群生命表模型,创建以麦田扫网法取样准确预测棉田二代发生期与发生数量的中期预测预报法,经生产上多年试用,准确率达到 90% 以上。具体做法是:华北地区每年 5 月上旬按小麦品种、种植方式、生长苗情分类,多田块多点取样,以普通捕虫网回复式在小麦穗部扫网,每块田千网左右,累计取样不少于万网,以各类型田百网虫量乘以各类型麦田面积占小麦总面积的权重,得到某地区一代棉铃虫发生量(平均百网虫数),以此数据运用生命表分析法(二代发生量=一代发生量×一代种群趋势指数)预测二代发生量;以扫网所得总虫量及其虫龄分布,用期距法和生命表数据计算二代蛾始盛期、盛蛾期、始见卵期、卵盛期、卵孵化盛期等发生参数,指导二代棉铃虫的田间防治。该法简便易行,工作量小,乡、村两级查虫员即可操作调查,能提前 20 多天做出预报,准确率高、漏查率低,避免了秋、冬、春 3 季挖蛹取样调查劳动量大、准确率不高、虫蛹识别困难、基层难以掌握、一般年份或轻发生年份漏查率较高等缺点,适用于任何发生量的年份普查<sup>[9-10]</sup>。1992 年,中国农业科学院植物保护研究所棉虫组首次独家用该法通过农民日报、人民日报、科技日报、中央人民广播电台等向全国发出“棉铃虫将在华北棉区大暴发,发生期提前 7~10 d”的预报,建议各地提前准备、及时防治。事实证明这一预报是准确的,新乡示范区因预报准确,得以充分准备,适时施药,在大暴发的 1992 年没有因虫灾导致棉花大幅度减产。

## 2.3 开展棉花种质资源抗病虫性鉴定,指导选育‘中植棉’系列多抗新品种

经多年系统研究,郭予元院士率领团队在国内率先研究制定出棉花种质资源抗棉铃虫、棉蚜等抗病/虫性鉴定标准和方法,被国家攻关协作组认定为全国统一使用的技术规范和标准。在 20 世纪 80 年代末 90 年代初棉花抗病虫育种研究遇到诸多困难时,郭予元院士给大家鼓气,提出棉花抗病/抗虫选育并重、多抗选育的指导性技术路线。亲力亲为组织团队创建了温室、苗期、成株期、田间复合抗病虫谱/抗病虫性的系统鉴定方法和分子标记辅助聚合育种技术体系,解析致病机制、棉花抗性分子遗传规

律与机理,先后对 3 000 余份来自世界各地的 3 大棉种野生、半野生和栽培棉花材料及其杂交后代进行抗棉铃虫等特性的鉴定和筛选,自主创制多抗新品种‘中植 372’表现突出,对棉铃虫和棉蚜表现良好的抗虫性,同时也对棉花枯/黄萎病表现较好的抗/耐性。以‘中植 372’为骨干种质材料,郭予元院士带领团队研究人员与国内优势团队合作指导选育出‘中植棉 2 号’等系列多抗棉花新品种。‘中植棉 2 号’是我国第一个国审的高抗棉铃虫、抗棉花枯/黄萎病的转基因棉花新品种,突破了转基因抗虫棉不抗黄萎病的技术瓶颈,填补了我国棉花抗病虫综合选育空白<sup>[11-14]</sup>。

## 2.4 系统监测棉铃虫抗药性动态规律,提出抗药性治理新策略

随着 20 世纪 80 年代初菊酯类杀虫剂在棉田的不合理连续广泛使用,棉铃虫对菊酯类农药的抗药性逐渐显现。郭予元院士带领团队于 1980 年—1994 年对河南省新乡棉铃虫对溴氰菊酯的抗性进行了系统监测,发现 1981 年—1985 年棉铃虫对菊酯类农药的  $LD_{50}$  一直稳定在 0.07~0.12  $\mu\text{g/g}$  的敏感状态,1986 年的  $LD_{50}$  与 1985 年相比增加 15 倍,1987 年比 1986 年增高了近 3 倍,1990 年抗性比 1987 年增加了 1.3 倍,菊酯类农药的田间使用浓度也增加到 1 500 倍。在此背景下,郭予元院士指导团队成员在已经获得的抗药性研究结果基础上,系统开展了棉铃虫对化学农药的抗性机制研究,明确了棉铃虫对溴氰菊酯抗性突增与幼虫体内羧酸酯酶、多功能氧化酶等解毒酶的活性明显增加有密切关系,发现不同寄主植物因其内含次生性化合物种类和量的不同,可使棉铃虫解毒酶活性相差 160 倍,这为开发植物源增效剂、调整作物布局治理抗性提供了科学依据,并成为国际上新兴的研究热点;在系统监测棉铃虫对溴氰菊酯、三氟氯氰菊酯抗药性及其对 8 种常用不同种类药剂的交互抗性谱系的基础上,制定了限制菊酯类杀虫剂用量、应用选择性及生物杀虫剂、轮换用药和慎用混配杀虫剂等综合治理棉铃虫抗药性的对策<sup>[15-20]</sup>。

## 2.5 明确棉铃虫为害阈值,创建田间防治指标体系

以自然感虫、人工摘蕾模拟等方法,经过多年多点不同肥力水平和虫口密度的田间小区试验,发现每头二代幼虫可为害棉花 10~12 个蕾,0.5~0.6 个顶尖;三代幼虫可为害 8~9 个蕾,2.5~2.9 个幼

铃,0.3 朵花。二代期间,棉花顶尖被害率很高,顶尖生长点被害的植株抽出多个疯长的枝条,上面只长叶片不长花蕾(俗称“公棉花”),常使产量损失 60%~70%。此期棉蕾脱落对产量影响较小,少量棉蕾被害还可刺激棉花补偿更多新蕾而增产,但若为害超过一定限度,也会因秋桃比例增加太多而贪青减产。因此,二代棉铃虫发生期间可适当放宽防治指标,只要确保棉茎顶尖不被害就可基本保证产量不受损失。三代棉铃虫发生为害期间棉株的补偿能力大为下降,棉株对棉铃虫的为害反应敏感,高产田 10 头/百株即可导致 3% 的产量损失,此期棉铃虫对棉株各部位器官的嗜好程度依次是蕾>幼铃>花(取食量比例为 9:3:0.3),所以此期施药防治的指标不宜放宽,应重点保护棉蕾和幼铃。研究还发现不同肥力水平的棉花对二代棉铃虫幼虫为害的忍受能力有显著差异,肥力水平高的补偿能力强,减产少或不减产;反之,肥力水平低的棉田受害后减产严重。经虫量和损失率回归线的协方差分析并结合棉区棉农防治棉铃虫的习惯,在国内率先提出高、中、低产田的二、三代棉铃虫科学的防治指标,即高产棉田二代防治指标为 36 头/百株 3 龄前幼虫或 250~300 粒卵,中产田二代、高产田三代防治指标为 12 头/百株幼虫或 150~200 粒卵,低产田二代和中产田三代防治指标为 8 头/百株幼虫或 100 粒卵,低产田三代防治指标为 5 头/百株幼虫或 60 粒卵<sup>[21]</sup>。新的防治指标和策略比以前的经验指标更符合经济生态学和防治学原理,合理放宽化学防治的指标后,棉田施药次数显著减少,治虫成本降低,环境质量改善,植棉效益提高。示范区多年应用证明,合理放宽指标后还能有效协调化学防治与生物防治的矛盾,保护并利用自然天敌对棉铃虫的控害作用,综合效益显著。此外,对棉铃虫、叶螨复合为害损失和复合防治指标的研究结果,不但在生产上有直接的应用价值,也使中国在这一领域的研究居国际领先水平<sup>[22]</sup>。

## 2.6 揭示棉花应对棉铃虫为害的补偿生长机制,提出黄河流域棉区棉铃虫世代防治策略

在华北棉区一代棉铃虫主要为害小麦,其发生期和发生量与棉田二代发生期和发生量密切相关,生命表种群趋势指数显示一代对二代数量的贡献率最高。因此,对于麦田一代棉铃虫应主要做好虫情监测,由此预测棉田二代棉铃虫的发生。如果大发生年

份麦田确需防治时,宜以诱杀和兼治为主,不宜施行针对棉铃虫的专门化学药剂防治,原因是:1)麦田一代棉铃虫为害对小麦产量影响不大,在 100 头/m<sup>2</sup> 的极端虫量下,产量损失也仅 5% 左右,一般虫量时无明显损失,对于小麦生产而言,属允许损失范围,不必进行防治;2)小麦在华北地区种植面积达 2 000 万 hm<sup>2</sup> 左右,而棉花种植面积只有 267 万 hm<sup>2</sup> 左右,以 8~9 倍面积的防治代价去控制棉田局部虫口基数,经济上得不偿失,实际操作上也没有可行性;3)早期就施用广谱杀虫剂,会刺激一代棉铃虫的抗性急剧上升,给以后各代防治带来困难,这已为抗性监测的结果所证实;4)早期施用化学农药破坏棉田天敌的库源,使生态失去平衡,形成恶性循环;5)压低一代虫量可通过各种诱杀成虫的技术措施,结合施用选择性药剂等途径来实现<sup>[21]</sup>。

二代棉铃虫为害棉茎顶尖和早蕾,发生期偏早的年份常使棉花顶尖生长点大量被害,造成多头疯长而严重减产,一旦被害就难以补救。华北地区这个时期的棉花对花、蕾和幼铃被害脱落具有很强的补偿生长发育能力,受害脱落后能很快生长发育出大量新蕾和花朵。而且,生命表数据显示,新乡地区棉铃虫一至四代的种群控制指数依次为 8.516 4、29.746 3、10.779 8、14.29 10,自然因素对二代棉铃虫幼虫的控制作用最高,可以考虑适当放宽防治的数量阈值指标这一学术观点是郭予元院士首次提出,已被多年生产的实践所证明。三代棉铃虫发生期气温增高,棉花生长加快。茎尖生长点受害减少,棉铃虫以蛀食棉蕾和幼铃为主;这一时期华北棉区棉花生理调节补偿脱落棉蕾的再生长发育能力急剧下降,蕾和幼铃的损失量几乎等于秋后棉桃的损失量。因此,这个阶段的关键是保护棉蕾和幼铃不受害。四代棉铃虫发生期,棉花经过打顶、去顶尖已无新蕾产生,棉铃虫幼虫集中蛀食棉花成铃,受害铃遇多雨潮湿条件常霉烂脱落或形成僵瓣,使棉花减产和品质下降。因此,这个阶段的关键是保护棉花成铃不被蛀食。在此基础上,创新性地建立了华北及黄河流域棉区分世代防治棉铃虫“针对要害、突出重点”的技术策略是:“一代监测、二代保顶、三代保蕾、四代保铃”。这一技术策略,省工、省药、降本、保产效果突出,在后来的生产防治中得到了推广普及和广泛应用<sup>[21,23-24]</sup>。

## 2.7 发展绿色精准控制关键技术,提升棉铃虫田间防治效果

利用多项技术措施诱杀成虫,减少棉田落卵量。根据棉铃虫具有强烈的趋光性,依化学气味物质寻找寄主植物,取食蜜源植物补充营养和雄虫对雌虫分泌的性信息素高度敏感等生物学特性逐步开发出黑光灯诱杀,一代麦田和二代棉田杨树枝把诱杀,棉田间作早春玉米、油菜、洋葱、萝卜花等寄主植物引诱扑杀,性诱剂诱杀雄性成虫,大面积有效降低棉田落卵量和有效卵量的低成本绿色防治技术,在主要棉区示范推广,取得了经济、简便、易行、绿色、环保、高效的田间防治效果<sup>[2,9,25-27]</sup>。

微生物 Bt 制剂和化学农药轮用。经过反复试验证明,二代棉铃虫发生期,先用生物制剂 Bt 低剂量喷雾,3~5 d 后再用菊酯类农药喷雾,棉铃虫的田间防治效果可提高 20%~30%;既减少用药次数、降低成本、保护了自然天敌,又能有效延缓棉铃虫对主要农药抗性的发展。其机理是棉铃虫取食了带 Bt 毒素的棉花组织后中肠溃烂,中肠内一系列解毒酶降解农药的作用被抑制,使棉铃虫失去抗药性屏障,从而提高了化学药剂的效果。同期国外有些类似试验得到相反的结果,这是因为他们的试验中,Bt 和菊酯类农药的施用时间相隔太长,在菊酯类药剂处理前,棉铃虫中肠组织已得到修复(低剂量 Bt 处理棉铃虫很少死亡),反而增加了其对菊酯类农药的抗性<sup>[28-32]</sup>。

采用局部施药方法防治二代棉铃虫。二代棉铃虫的卵主要产在棉株主茎顶部周围,初孵幼虫集中在顶部未展开的叶芽内蛀食,破坏幼叶和主茎生长点,使棉花破头疯长而严重减产。在二代卵期用内吸性杀虫剂滴心保护主茎生长点(这个阶段不需要用杀虫剂保蕾),既大量节约了化学农药,又实现了“二代保顶”的目标。这是 1992 年棉铃虫特大特早发生时河南新乡示范基地棉花产量未严重减产的关键措施之一<sup>[32]</sup>。

## 2.8 组建区域性综合防治技术体系,为国家棉花生产安全保驾护航

秉承大协作、齐攻关的优良传统和做法,郭予元院士带领棉花病虫害综合防治团队,根据国家“八五”重点科技攻关研究专题的要求,自 1991 年起在河南新乡县建立棉花病虫害综合防治示范区,针对该地区棉田棉铃虫、棉蚜、枯萎病和黄萎病等主要病

虫害,把各种关键技术进行有机地综合组装,并兼顾棉花其他次要病虫害如棉叶螨(红蜘蛛)的防治,组织实施经“六五”以来攻关研究逐步形成的棉花主要病虫害关键防治技术,具体做法是:冬耕冬灌灭虫蛹;种植‘86-6’‘中棉 12’和‘中植棉 2 号’等抗病抗虫品种;春播棉田实行“四二式”或者“三二式”麦棉间套作,控制苗期棉蚜为害;以浏阳霉素等选择性杀虫剂点片防治棉叶螨;以敌百虫毒饵诱杀苗期小地老虎;选择抗蚜威等杀虫剂防治麦田蚜虫,灭幼脲 1 号、灭幼脲 3 号防治麦田黏虫;一代棉铃虫大发生的年份,以杨树枝把、高压汞灯、性诱剂等物理手段诱杀成虫,结合麦田蚜虫防治以微生物制剂 Bt 和核型多角体病毒(NPV)进行兼治;棉田提前种植春玉米、油菜、春季开花的蔬菜,进行成虫诱集和杀虫剂集中杀灭;麦收后翻犁灭茬、灭蛹;二代发生期以杨树枝把、高压诱虫灯和性诱剂诱杀成虫,以久效磷滴心保顶,辅之以微生物制剂 Bt、NPV 和灭多威、硫双灭多威等进行局部精准施药挑治;结合田间管理,进行人工灭卵捏虫和摘除虫卵枝叶;中耕灭蛹,适时化控;三代棉铃虫发生期,以 Bt、NPV、灭多威、硫丹、高效氯氟氰菊酯、三氟氯氰菊酯等多种杀虫剂轮用防治;四代棉铃虫发生期,以甲基 1605、水胺硫磷、甲胺磷、甲萘威和 NPV 等轮用;8 月底前去边心和无效蕾;9 月底根据棉花生长情况适时喷施乙烯利等催熟剂;棉花收获完成时立即拔秆、灭茬和秋耕翻地,进行棉花病虫害的冬季综合治理。1992 年棉铃虫在我国特大发生,河南省新乡县处于重灾区的中心地带,示范区的 3 000 hm<sup>2</sup> 棉田由于虫情测报准确,措施安排合理,领导组织得力,防治及时有效,保护了棉花免受棉铃虫猖獗为害,平均单产皮棉在 1 050 kg/hm<sup>2</sup> 以上,其中七里营乡宋庄村 13.3 hm<sup>2</sup> 棉田防治工作做得最好,平均单产达 1 500 kg/hm<sup>2</sup>,较非示范区保产 40%~60% 以上,防治次数减少了 3~5 次,节约防治成本 25%,成为全国唯一在棉铃虫大暴发年份生产上大面积成功控制棉铃虫危害的综合防治典范。1993 年棉铃虫再次在华北地区特大发生,示范区进一步扩大规模(发展到新乡市所属新乡、获嘉、封丘、卫辉、延津、原阳等 6 县、市),认真贯彻配套的棉铃虫防治技术措施,技术培训、宣传动员、物资调配备和防治组织工作比上年做得更好,在 56 700 hm<sup>2</sup> 棉田上大面积有效地控制住了棉铃虫危害,示范区棉花平均单产为 1 263 kg/hm<sup>2</sup>,比非

示范区增产 15%~20%, 药剂防治成本节约 300 元/hm<sup>2</sup>, 示范区当年先后 8 次被化工部、河南省人民政府等推选为棉铃虫综合防治示范现场<sup>[9]</sup>。

以本项技术为主要核心内容的《全国棉铃虫预测预报及综合防治技术规范》于 1993 年底由农业部印发各植棉省指导生产防治。郭予元院士先后组织编写出版了《棉铃虫综合防治》《棉铃虫的抗药性与治理》《棉铃虫防治新技术》《棉花虫害防治新技术》和《棉花害虫的抗药性与防治技术》等学术专著、科普书籍和技术培训教材<sup>[33-37]</sup>。在农业部农业电影制片厂支持下, 录制了供基层技术培训与推广用的《棉铃虫的发生与综合防治》《抗药性治理的矛与盾》科普录像片。1995 年国家科委将本项技术列入“九五”国家级科技成果重点推广计划技术应用到冀、鲁、豫、晋、陕、京、津、辽、苏、皖、浙、湘、鄂、赣、川、新疆等 20 余个主产棉省区。以本项技术为核心形成指导全国棉铃虫防治的技术方案, 在实现国务院领导提出“用 3 年左右时间基本遏制棉铃虫危害势头”的全国防治棉铃虫会战中发挥了核心技术支撑作用<sup>[38-39]</sup>。2005 年郭予元院士团队应邀为国际昆虫界的顶级权威年刊《昆虫学年评》(*Annual Review of Entomology*)撰写“The evolution of cotton pest management practices in China”, 系统介绍了棉花害虫综合治理的中国经验和中国方案<sup>[40]</sup>。

## 参考文献

- [1] 戴小枫, 郭予元. 棉铃虫暴发的特点、成因及治理对策[J]. 灾害学, 1994(1): 22-30.
- [2] 郭予元, 丁红建, 王武刚, 等. 棉铃虫的研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 1-2.
- [3] 郭予元. 棉铃虫大发生原因和 1998 年发生趋势估计[J]. 中国农村科技, 1998(3): 11-12.
- [4] 戴小枫, 郭予元, 韩丽娟, 等. 我国棉花病虫害综合防治研究的现状与对策[J]. 科技导报, 1993(5): 43-45.
- [5] 郭予元. 我国棉铃虫综合防治技术研究取得显著成效[J]. 中国农学通报, 1994, 10(2): 31-32.
- [6] 戴小枫, 李世友, 郭予元. 棉铃虫自然种群生命表研究[J]. 植物保护学报, 1991, 18(3): 199-206.
- [7] 戴小枫, 郭予元. 叶色草蛉对棉铃虫幼虫的捕食效应研究[J]. 植物保护学报, 1992, 19(1): 23-28.
- [8] 戴小枫, 郭予元. 棉铃虫及其天敌类群的主成分分析[J]. 中国农学通报, 1994, 10(6): 23-26.
- [9] 中国农业科学院植物保护研究所棉花害虫研究组. 控制棉铃虫猖獗危害的区域性综合防治关键技术体系的研究[J]. 中国农业科学, 1995, 28(1): 1-7.
- [10] 王武刚, 郭予元, 戴小枫. 华北棉区二代棉铃虫发生程度中期预测[J]. 植物保护, 1995, 21(1): 26-28.
- [11] 张慧英, 杨雪梅, 郭予元, 等. 抗虫丰产棉花新品种“中植 372”[J]. 植物保护, 1993, 19(6): 50.
- [12] 戴小枫, 郭予元. 我国棉花品种(系)抗虫性的鉴定、选育与应用[J]. 植物保护学报, 1997, 24(2): 179-186.
- [13] 武予清, 郭予元. 棉花抗虫品种对棉铃虫抗性的评价[J]. 棉花学报, 1998, 10(3): 56-57.
- [14] 戴小枫, 张永军, 李修立, 等. 棉花抗黄萎病中植棉系列新品种的选育与应用[Z]. 2010-10-20. 国家科技成果.
- [15] 谭维嘉, 曹煜, 戴小枫. 棉铃虫对菊酯类农药抗性的系统监测与分析[C]//青年生态学者论丛(二)昆虫生态学研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1991: 300-304.
- [16] 谭维嘉, 杨雪梅, 郭予元. 寄主植物对棉铃虫生理代谢的影响[J]. 植物保护学报, 1993, 20(2): 120-127.
- [17] 谭维嘉, 杨雪梅, 郭予元. 寄主植物对棉铃虫酯酶同功酶的影响[J]. 植物保护, 1993, 19(1): 6-8.
- [18] 戴小枫, 韩丽娟. 棉铃虫对菊酯类杀虫剂的抗性机制[J]. 农药科学与管理, 1994(2): 10-15.
- [19] 郭予元, 梁革梅, 戴小枫, 等. 防治抗性棉铃虫的新药剂—50%凯明 2 号[J]. 植保技术与推广, 1995(2): 38.
- [20] 梁革梅, 郭予元, 洪锡午, 等. 棉铃虫对溴氰菊酯、三氟氯氰菊酯及其复配剂的抗性趋势与交互抗性[J]. 植物保护学报, 1996, 23(1): 66-72.
- [21] 郭予元, 王武刚, 王荷. 棉铃虫对棉花的危害和防治指标研究[J]. 植物保护学报, 1985, 12(4): 261-268.
- [22] 郭予元, 戴小枫, 刘芹轩, 等. 华北棉区二代棉铃虫和叶螨为害棉花的动态复合防治指标研究[J]. 植物保护学报, 1994, 21(4): 339-344.
- [23] 戴小枫, 郭予元. 我国棉花主要病虫害综合防治技术研究进展[J]. 植物保护, 1996, 22(6): 32-34.
- [24] 戴小枫, 郭予元. 我国棉花主要病虫害综合防治技术研究的方向与对策[J]. 灾害学, 1997, 12(2): 82-86.
- [25] 丁红建, 吴才宏, 郭予元. 棉铃虫成虫对其寄主植物挥发性它感信息物的嗅觉行为研究[C]//植物病虫害生物学研究进展——植物病虫害生物学国家重点实验室研究论文选. 1995: 183-187.
- [26] 戴小枫, 丁红建. 寄主植物挥发性它感信息物质与害虫行为的关系[J]. 世界农业, 1996(12): 27-28.
- [27] 丁红建, 郭予元, 吴才宏. 棉铃虫蛾对寄主植物挥发性油的嗅觉电生理及行为反应[J]. 昆虫学报, 1997, 40: 66-72.
- [28] 谭维嘉, 梁革梅, 郭予元. 苏云金杆菌预处理对棉铃虫乙酰胆碱酯酶的影响[J]. 植物保护学报, 1998, 25(1): 65-71.
- [29] TAN Weijia, LIANG Gemei, GUO Yuyuan. Resistance alleviation in the larval cotton bollworm to fenvalerate after pretreatment with *Bacillus thuringiensis* [J]. Entomologia Sinica, 1999, 6(1): 53-61.
- [30] 梁革梅, 谭维嘉, 郭予元, 等. 利用 Bt 预处理缓解不同龄期棉铃虫的抗药性[J]. 植物保护学报, 1999, 26(4): 353-357.
- [31] 梁革梅, 谭维嘉, 郭予元. 棉铃虫对 Bt 的抗性筛选及交互抗

- 性研究[J]. 中国农业科学, 2000, 33(4): 46-53.
- [32] 郭予元, 梁革梅. 新乡示范区控制棉铃虫猖獗危害配套关键技术研究回顾与展望[J]. 中国农业科学, 2007, 40(S1): 193-198.
- [33] 郭予元, 王武刚, 戴小枫, 等. 棉铃虫综合防治[M]. 北京: 金盾出版社, 1995.
- [34] 戴小枫, 郭予元. 棉铃虫的抗药性与治理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [35] 王武刚. 棉铃虫防治新技术[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1993.
- [36] 王武刚, 张慧英, 郭予元, 等. 棉花害虫防治新技术[M]. 北京: 金盾出版社, 1991.
- [37] 棉花害虫研究组. 棉花害虫的抗药性与防治技术[M]. 北京: 科学普及出版社, 1993.
- [38] 郭予元. 我国 IPM 研究进展回顾及对 21 世纪初发展目标的设想[J]. 植物保护, 1998, 24(1): 35-38.
- [39] 戴小枫, 郭予元. 我国棉花主要病虫害综防技术现状与展望[J]. 中国棉花, 1999, 26(2): 4-8.
- [40] WU Kongming, GUO Yuyuan. The evolution of cotton pest management practices in China [J]. Annual Review of Entomology, 2005, 50: 31-52.

(责任编辑: 杨明丽)