

与时俱进的中国棉花害虫治理研究

Ever-evolving advances in the researches of cotton insect pest management in China

陆宴辉*

(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)

Lu Yanhui*

(State Key Laboratory of Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection,
Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

棉花是我国重要的经济作物,棉花的安全生产关系着棉花种植区的农业增效和农民增收以及全国纺织工业与纺织品出口贸易的健康发展,在我国国民经济体系中占有重要战略地位。棉花上害虫种类繁多,我国已记载有300余种,其中包括棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner)、棉红铃虫 *Pectinophora gossypiella* (Saunders)、棉蚜 *Aphis gossypii* Glover、盲蝽和叶螨等多种(类)重大害虫,且为害周期长,生产上如果防治不及时或防治不当,可导致棉花减产20%~30%以上(陆宴辉等,2020)。

我国棉花害虫治理研究始于20世纪20—30年代,推动着生产上应用技术的不断进步;50年代之前我国棉花害虫治理以农业防治为主,60—70年代以化学防治为主,80—90年代实施综合防治,进入21世纪以来推广绿色防控,对持续促进我国棉花产量和质量提升发挥了重要的科技支撑作用(吴孔明和郭予元,2000;Wu & Guo,2005;陆宴辉等,2020)。期间,先后涌现出棉铃虫综合治理、转基因抗虫棉花持续利用等代表性研究成果和实践案例。

20世纪80年代末至90年代初期,棉铃虫对菊酯类等常规杀虫剂产生了严重抗性,田间化学防治基本失效,加之气候条件适宜等原因,棉铃虫在黄河流域和长江流域棉区连年暴发成灾,给棉花及其他多种农作物生产带来了严重危害。这一时期,综合防治被认为是棉铃虫治理的根本出路。在“预防为主,综合防治”植物保护工作方针的指导下,20世纪90年代初成功发展了棉铃虫综合防治技术体系,当时在我国最大棉区、棉铃虫重发区——黄河流域地

区提出了“一代监测、二代保顶、三代保蕾、四代保铃”的防治策略(郭予元,1998)。该综合防治技术的应用有效减轻了棉铃虫区域性为害,成为了我国农业害虫治理的一个典型案例,促进了农业有害生物综合治理(integrated pest management, IPM)科学的创新与实践。在此期间,棉铃虫抗药性、棉铃虫迁飞、棉铃虫及天敌化学通讯等领域的科学研究不断兴起并持续发展(郭予元,1998),对农业昆虫学的学科发展产生了积极影响。

1997年,我国开始商业化种植转Bt基因抗虫棉花(简称Bt棉花)。在当时,转基因生物安全是备受国内外关注和争议的未知领域、研究热点,其中非靶标害虫种群地位演替、靶标害虫对Bt棉花抗性演化是影响和制约Bt棉花可持续利用的重大科技问题。经过20多年的系统研究,证实了Bt棉花大面积种植对靶标害虫棉铃虫、棉红铃虫的区域性控制作用(Wu et al.,2008;Wan et al.,2012),阐明了由Bt棉田化学杀虫剂使用减少导致的次要害虫盲蝽发生加重、因Bt棉田捕食性天敌数量增多从而减轻棉蚜伏蚜发生等非靶标害虫地位演替规律及机制(Lu et al.,2010;2012;Zhang et al.,2018),建立了“新害虫”——盲蝽绿色防控技术体系并有效控制了该虫发生为害(姜玉英等,2015)。在系统揭示棉铃虫和棉红铃虫对Bt杀虫蛋白的抗性演化规律及其生理生化、分子机制的基础上,发展了由生物测定、F₁/F₂测定、抗性基因检测组成的抗性预警技术体系,针对多食性棉铃虫提出了以利用玉米、花生等天然庇护所为主的抗性预防治理技术(Wu,2007;Jin et al.,2015),针对食性

基金项目:国家重点研发计划(2017YFD0201900),财政部和农业农村部国家现代农业产业技术体系(CARS-15-19)

* 通信作者(Author for correspondence), E-mail: luyanhui@caas.cn

收稿日期:2021-01-06

比较单一的棉红铃虫可利用种植F₂代杂交Bt棉花抑制其抗性发展(Wan et al., 2017)。目前, Bt棉花仍保持着高水平的抗虫效率, 生产上也未见Bt棉田靶标害虫防治失效的现象(Wan et al., 2017; Zhang et al., 2019)。上述研究为有效保障我国Bt棉花的安全种植与可持续利用奠定了关键科技基础。Bt棉花是迄今为止我国唯一批准商业化应用的抗虫转基因作物, Bt棉花害虫地位演替、多食性盲蝽区域绿色防控、棉铃虫与棉红铃虫Bt抗性治理等重要科技进展为今后其他转基因作物环境安全性问题的评价管理、草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* (Smith) 等重大农作物害虫的科学治理提供科学借鉴(吴孔明, 2020)。

进入21世纪以来, 我国棉花种植空间布局不断向以新疆维吾尔自治区(简称新疆)为主的西北内陆棉区集中。国家统计局公布数据显示, 2020年新疆棉花种植面积为250.2万hm²、产量为516.1万t, 分别占全国棉花总种植面积和总产量的78.9%和87.3%, 形成了“新疆一家独大”的棉花种植新格局。由此, 我国棉花害虫治理研究与实践开启了以新疆棉区为主的新征程。在农业绿色高质量发展的新形势下, 新疆棉花害虫绿色防控成为新时代的重大科技命题。与棉铃虫综合治理、转基因抗虫棉花持续利用等时代命题一样, 需要全国棉花害虫防控科技工作者们开拓进取、不断创新。今后, 将重点开展下列几方面的研究。

一是新疆棉花的规模种植始于20世纪80年代, 明显晚于长江流域和黄河流域棉区, 因此该地区棉花害虫防控研究的深度与系统性相对偏弱(潘洪生等, 2018)。新疆有着特殊的气候条件、独特的生态

环境以及特有的棉田节肢动物种类组成和群落结构。新疆棉花害虫及其天敌对高温、干旱和盐碱等特殊环境的适应进化机制, 新疆棉田节肢动物群落形成与演替机制, 荒漠戈壁等独特生境、林果种植等作物结构调整、覆膜栽培等耕作制度变革对棉田害虫及其天敌发生与互作的调控机制等重大问题, 有待深入研究与全面阐释。

二是新疆荒漠-绿洲农田生态系统比较脆弱, 同时化学杀虫剂大量使用等人为干扰严重, 导致现阶段新疆棉田棉蚜等害虫持续重发。因此, 亟需构建以植物抗虫性利用、生物防治、生态调控为主, 结合监测预警与化学防治的新疆棉花害虫绿色防控技术体系(图1)。

①抗虫性利用: 在天然庇护所相对匮乏的农田生态系统中开展棉铃虫对Bt棉花抗性的预防治理, 新型广谱转基因抗虫棉花的研发利用, 棉花常规抗虫性品种的筛选利用以及土壤盐碱、干旱胁迫、水肥运筹等因子对棉花抗虫性的调控利用。

②生物防治: 棉田系统自然天敌资源的保护利用、捕食螨等天敌产品的释放控害。

③生态调控: 综合利用非作物生境、作物合理布局促进棉田天敌保育和害虫控制, 同时利用食诱剂、杀虫灯等行为调控措施压低害虫虫源基数或促进天敌有效控害。

④监测预警: 利用传统测报手段、结合遥感监测等现代信息技术精确掌握害虫种群发生动态及空间分布情况, 指导害虫区域层面的统防统治以及田块水平的精准防治。

⑤化学防治: 创新精准施药器械及技术, 减少受药范围和施药剂量, 降低对棉田生态系统的影响和干扰, 促进与生物防治、生态调控等技术的协同作用与联合控害。

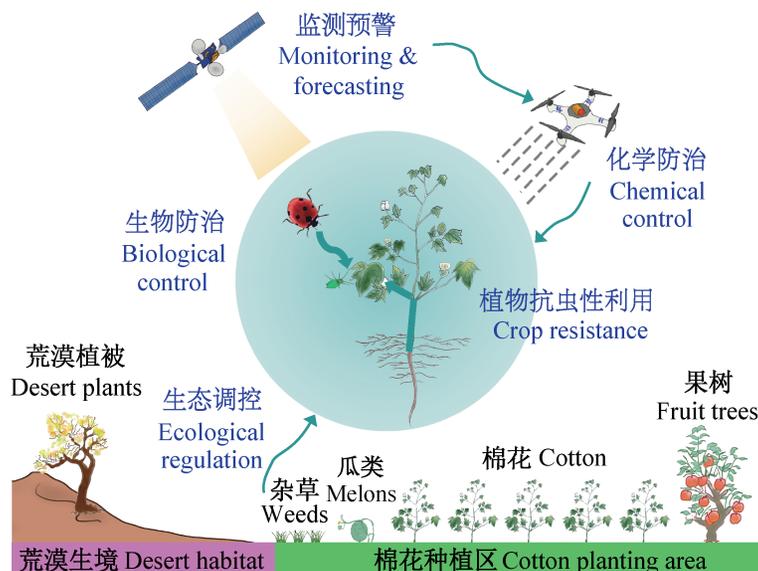


图1 新疆棉花害虫绿色防控研究体系

Fig. 1 The study system of environment-friendly management of cotton insect pests in Xinjiang, China

三是20世纪90年代,郭予元先生曾提出我国IPM研究分3个阶段发展的思想,即从以单种病虫害为对象转变为以一种作物的多种病虫害为对象,再进一步发展为以生态区多作物的复合病虫害为对象,第3阶段将是今后IPM技术体系探索发展的重点。新疆具有独特的农田生态系统,区内不同农区呈岛屿状分布,中间往往被一望无际的戈壁、荒漠或高山隔离。棉花是新疆最主要的农作物,其中巴音郭楞蒙古自治州、阿克苏地区、喀什地区的棉花种植面积占该地区耕地总面积的60%~80%,棉花害虫绿色防控必将辐射和带动整个区域内所有农作物的害虫绿色防控。由于独特的农区布局和作物结构,新疆无疑是践行和推进以生态区为单位的多种作物害虫综合治理技术的优选之地,这也是新疆棉花害虫防控的特殊而重要的使命。

总之,在全国棉花产区战略布局调整、棉花产业绿色高质量发展的新形势下,“棉花害虫防控”专刊的组稿可谓是恰逢其时、意义重大。衷心感谢各位同行积极支持、不吝赐稿,感谢多位专家无私奉献、认真审稿;感谢梁革梅研究员、张永军研究员、肖海军教授对本文撰写提供宝贵建议,感谢刘伟博士为本文绘制彩图。希望此专刊能为今后棉花害虫防控研究提供指导和启发,更希望全国棉花害虫防控研究同仁继承和发扬与时俱进的精神,把科研创新聚焦主要产区(新疆棉区)、瞄准核心目标(棉花绿色发展),更好地为全国棉花产业高质量和可持续发展服务。

参 考 文 献 (References)

- Guo YY. 1998. Researches on the cotton bollworm. Beijing: China Agriculture Press, pp. 1-407 (in Chinese) [郭予元. 1998. 棉铃虫的研究. 北京: 中国农业出版社, pp. 1-407]
- Jiang YY, Lu YH, Zeng J. 2015. Forecast and management of mirid bugs in multiple agroecosystem of China. Beijing: China Agriculture Press, pp. 1-135 (in Chinese) [姜玉英, 陆宴辉, 曾娟. 2015. 盲蝽分区监测与治理. 北京: 中国农业出版社, pp. 1-135]
- Jin L, Zhang HN, Lu YH, Yang YH, Wu KM, Tabashnik BE, Wu YD. 2015. Large-scale test of the natural refuge strategy for delaying insect resistance to transgenic Bt crops. *Nature Biotechnology*, 33(2): 169-174
- Lu YH, Liang GM, Zhang YJ, Yang XM. 2020. Advances in the management of insect pests of cotton in China since the 21st century. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 57(3): 477-490 (in Chinese) [陆宴辉, 梁革梅, 张永军, 杨现明. 2020. 二十一世纪以来棉花害虫治理成就与展望. *应用昆虫学报*, 57(3): 477-490]
- Lu YH, Wu KM, Jiang YY, Guo YY, Desneux N. 2012. Widespread adoption of Bt cotton and insecticide decrease promotes biocontrol services. *Nature*, 487(7407): 362-365
- 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
- Pan HS, Jiang YY, Wang PL, Liu J, Lu YH. 2018. Research progress in the status evolution and integrated control of cotton pests in Xinjiang. *Plant Protection*, 44(5): 42-50 (in Chinese) [潘洪生, 姜玉英, 王佩玲, 刘建, 陆宴辉. 2018. 新疆棉花害虫发生演替与综合防治研究进展. *植物保护*, 44(5): 42-50]
- Wan P, Huang YX, Tabashnik BE, Huang MS, Wu KM. 2012. The halo effect: suppression of pink bollworm on non-Bt cotton by Bt cotton in China. *PLoS ONE*, 7(7): e42004
- Wan P, Xu D, Cong SB, Jiang YY, Huang YX, Wang JT, Wu HH, Wang L, Wu KM, Carrière Y, et al. 2017. Hybridizing transgenic Bt cotton with non-Bt cotton counters resistance in pink bollworm. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(21): 5413-5418
- Wu KM. 2007. Monitoring and management strategy for *Helicoverpa armigera* resistance to Bt cotton in China. *Journal of Invertebrate Pathology*, 95(3): 220-223
- Wu KM. 2020. Management strategies of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in China. *Plant Protection*, 46(2): 1-5 (in Chinese) [吴孔明. 2020. 中国草地贪夜蛾的防控策略. *植物保护*, 46(2): 1-5]
- Wu KM, Guo YY. 2000. The achievements and prospects of cotton insect pest research in the 20th century in China. *Entomological Knowledge*, 37(1): 45-49 (in Chinese) [吴孔明, 郭予元. 2000. 我国20世纪棉花害虫研究的主要成就及展望. *昆虫知识*, 37(1): 45-49]
- Wu KM, Guo YY. 2005. The evolution of cotton pest management practices in China. *Annual Review of Entomology*, 50: 31-52
- 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
- Zhang DD, Xiao YT, Chen WB, Lu YH, Wu KM. 2019. Field monitoring of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) Cry1Ac insecticidal protein resistance in China (2005-2017). *Pest Management Science*, 75(3): 753-759
- Zhang W, Lu YH, van der Werf W, Huang JK, Wu F, Zhou K, Deng XZ, Jiang YY, Wu KM, Rosegrant MW. 2018. Multidecadal, county-level analysis of the effects of land use, Bt cotton, and weather on cotton pests in China. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(33): 7700-7709

(责任编辑:高峰)