

害虫区域性生态调控的理论、方法及实践^{*}

戈 峰

(中国科学院动物研究所, 农业虫鼠害综合治理研究国家重点实验室 北京 100080)

The principles, methods and practices of regional ecological regulation and management of pests. GE Feng (State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China).

Abstract Integrated pest management (IPM) is a system approach that provides an ecologically-based solution to pest control problems. It has expanded its scope to encompass the integration of multiple pest species within the content of total cropping system. The concept, principles and methods of regional ecological regulation and management of pests (RERMP) are introduced as the expanded IPM in this paper. The implementation of RERMP of cotton pests in northern China were showed that the cotton pests could be maintained at lower level by designing the agricultural eco-engineering and optimizing the integrated use of various ecological management practices such as crop diversity, crop rotation, cultivation, fertilization, pest control and so on in field landscapes.

Key words regional ecological regulation and management of pests, principles and methods

摘 要 本文在分析害虫生态调控的生态学基础上, 论述了害虫区域性生态调控的原理与方法, 并以华北棉田害虫管理实践为例, 介绍了害虫区域性生态调控的实施过程。

关键词 害虫区域性生态调控, 理论与方法

纵观我国害虫防治策略的发展, 已由原始防治、化学防治发展到综合防治 (IPM) 和害虫生态调控 (ecological regulation and management of pests, ERMP)^[1], 研究的对象也由单一病虫防治、单一作物多种病虫防治发展到景观区域内多种作物多种病虫防治。有效地开展和实施区域性害虫生态调控是“十五”期间害虫防治的重要课题。本文就此理论、方法与实践进行探讨。

1 害虫调控的生态学基础

在自然生态系统中, 生物与生物之间相互作用, 生物与环境之间相互适应, 从而使某一物种在生物群落中维持一定的种群密度, 这种密度称为种群的平衡密度, 这种现象称为自然控制。据估计, 自然界中 97% 的昆虫均处于相对平衡状态中。而种群维持在平衡密度的过程称为自然调节过程, 它是生物密度制约因子 (如种间竞争、天敌的捕食寄生作用和植物的抗性等) 的结果。因为非生物密度制约因子 (如气候等)

只能限制种群密度, 使种群无规则地变动, 而不能像生物密度制约因子使种群围绕着平衡密度而波动。即当害虫种群密度高时, 害虫种群因植物 (食物)、天敌的作用加强而下降; 而当害虫种群密度低时, 害虫种群因植物 (食物)、天敌的作用减弱而上升。

在农田生态系统中, 由于以作物增产为中心, 种植单一的作物品种, 使系统环境极大改变, 加上昆虫的生态适应, 致使某些昆虫种群迅速上升, 其种群密度处于很高的水平, 往往超过了防治的经济允许水平, 统称为害虫。对害虫的管理应是通过系统内外的因素降低其密度, 使其在处于经济允许水平下的平衡密度周围波动。

^{*} 国家自然科学基金资助项目 (39970137) 和国家重点基础研究 (973) 项目 (G2000016209) 以及中国科学院创新工程方向性项目 (KSCX02-1-02) 的一部分。

收稿日期: 2001-03-28, 修回日期: 2001-07-10

目前我们的防治对策大都是强调系统外的因素作用,即通过人为的因子(如化学农药)来限制(消灭)或控制害虫种群,这种作用类似于自然生态系统中非密度制约因子的作用,将使害虫种群无规则大幅度变动,往往易使害虫种群再猖獗、再暴发。

这里所强调的调控实际包括两个部分,即调节(regulation)和控制(management)。所谓调节是发挥农田生态系统内部的生物因素,通过作物—害虫—天敌间的相互作用,使害虫种群始终围绕着某一低的平衡密度波动,它是生物密度制约因子作用的结果;所谓控制是发挥农田系统外的生物因素与非生物因素作用,通过引进新的有益生物控害因子(如天敌、Bt、NPV)、采用适当的措施(如性引诱剂、某些选择性杀虫剂)、改变现有的生态系统结构(如间套作、作物布局)等,使害虫种群降至某一平衡密度之下。它是人为的生物密度制约因子与非生物密度因子作用的结果。

调节与控制二者相辅相成。没有控制作用,害虫种群不可能尽快地下降到某一低平衡密度(即经济允许水平)之下;反之,没有调节作用,种群不可能持续地维持在低平衡密度下波动。这二者(内因与外因)必须有效地结合起来。片面强调控制(如目前的化学防治)易使害虫种群激烈波动,易引起害虫再猖獗;片面强调调节(如在某些农田生态系统不防治区内)易使害虫种群持续在某一高密度危害,造成农作物损失。

2 害虫区域性生态调控的原理

农田生态系统中,作物—害虫—天敌相互作用、相互制约而形成一个有机整体。系统内作物种类与数量的变化,势必影响着其内的害虫、天敌种群动态,乃至系统的整体结构与功能。当前随着农业耕作制度和栽培措施的改革,农区的生态系统发生了极大的变化,如在华北地区一个以四周防护林为边界的范围,通过连作、套作、间作等方式,由过去单一的农田生态系统,发展成为麦田、棉田、玉米田为主所组

成的农田景观。一些多食性害虫,如棉铃虫可取食 60 种作物和 67 种野生植物^[2],在华北这种由不同作物布局的农田景观中多种作物(小麦、玉米、棉花和蔬菜)上辗转发生与为害;而景观区域内的多种天敌又辗转于作物之间,控制着它们的发生与危害。显然,过去依单一作物田(如棉田)开展研究,是难以了解当前这种由多种作物田所组成的景观区域内的害虫及其天敌发生动态。因此必须从景观生态学的角度,从空间上注重害虫及其天敌在不同作物上的转移扩散动态,从时间上强调各代害虫及其天敌在主要寄主作物不同发育阶段上发生的全过程,从技术上着重发挥以生物因素为主的综合措施,在研究方法上突出使用生态能量学的手段,定量分析景观区域内中“作物—害虫—天敌”相互作用关系及其生态调控措施的作用,找出不同时空条件下控害保益的关键措施,设计和组装出控害保益的害虫区域性生态调控技术体系,有效地开展害虫(如棉铃虫)的生态调控,提高害虫管理的水平。

3 害虫区域性生态调控的指导思想

3.1 系统观

即从区域性农田生态系统整体功能出发,从作物—害虫—天敌相互作用系统来考虑,把有利于抑制害虫发生的各个因素(如作物、天敌)调节至最适状态,将害虫危害控制在经济允许水平之下,使整个农田生态系统获得最大的功能效益。

3.2 综合观

即综合使用系统内外一切可以利用的能量,如作物的耐害补偿与抗性功能,天敌的控制能力等以生物因素为主的多项有效措施,变对抗为利用,变控制为调节,化害为利,为系统的整体功能服务。

3.3 区域观

即从单一农田生态系统扩展到区域性农田景观生态系统,充分考虑农田景观结构的异质性,从整体上研究害虫及其天敌发生和治理的过程,提高害虫防治整体性水平。

3.4 可持续观

即针对当前害虫抗药性增加、化学农药杀伤天敌和污染环境等问题,从农业可持续发展的战略出发,尽可能少用化学农药,将害虫持续调控在低平衡密度,减少环境的生态风险性,造福于子孙后代。

4 害虫区域性生态调控的方法论

4.1 景观生态学方法

自 80 年代以来,以研究景观结构、功能及其动态的景观生态学已成为生态学的一个重要分支^[3]。它可将景观尺度中各相对独立的生态系统(如棉田、麦田、玉米田)作为“斑块”(patch),应用图论、地统计学、地理信息系统(GIS)和景观个体行为模型,来研究景观区域内景观要素(如作物、害虫、天敌、生态系统)及其功能(能流、物流)在各斑块之间的转移变化规律,探明物种在景观范围内的时空动态。应用景观生态学已在分析灰蝶 *Glaucopsyche lygdamus*^[4]和云杉卷叶蛾 *Choristoneura fumiferana*^[5]等害虫发生动态中取得了很好的结果,也为在大尺度和空间异质上分析害虫发生规律及其进行区域性生态设计提供了一种重要手段^[7]。

4.2 以生态能学为基础的系统分析方法

有效地开展害虫生态调控,必须要了解农田生态系统的结构和功能特性,掌握作物—害虫—天敌的相互作用关系。过去的研究多从数量角度出发,研究的也是某一局部的、离散的系统结构,无法将作物—害虫—天敌关系“串”起来,也无法反映外界因子(如天敌、化学防治、作物)对作物—害虫—天敌整体的影响。由于能量具有统一单位,能流把所有生态系统内在的、共有的相互作用有机地联系起来,它们可将外界作用(如农药、天敌均可转化为能量)对系统的影响进行定量分析^[7-9],因而可根据各调控因子对作物—害虫—天敌作用的灵敏度分析,综合分析各个调控因子的作用;根据系统结构与功能关系,模拟分析各调控因子对害虫的调节与控制能力,为害虫的优化管理与决策提供了重要工具^[10]。

4.3 以生态设计为主的害虫区域性生态调控的技术体系

根据上述生态能量学为基础的系统分析方法,应用系统工程的方法,通过对区域性作物布局、轮作、套间作、高产抗性品种的栽培、害虫防治的生物技术等多个害虫调控因子的综合分析

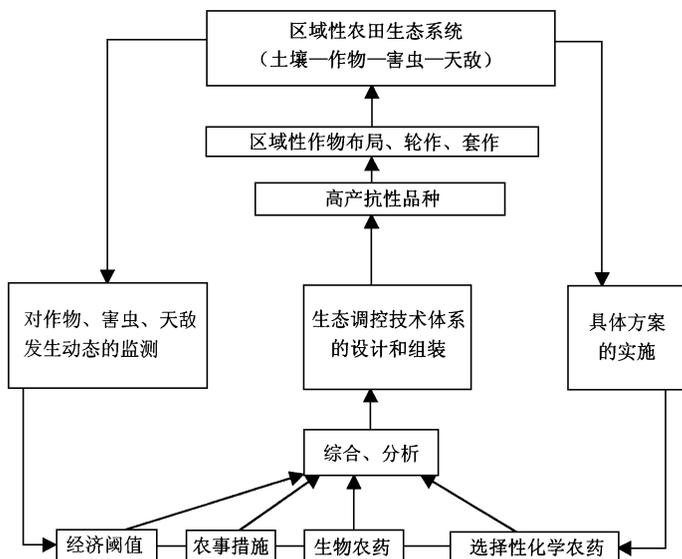


图 1 害虫区域性生态调控技术的构建

和评价,优化和设计区域性害虫生态调控手段,同时将监测、设计与实施寓为一体,建立害虫区域性生态调控的技术体系或全程防治,并不断地完善这一技术体系,从整体上对害虫进行生态调控(图1)。

5 害虫区域性生态调控的初步实践

——华北棉田害虫(棉铃虫)区域性生态调控

根据害虫区域性生态调控的基本原理与方法,结合多年来不同时空类型棉田生态系统功能的研究和害虫(棉铃虫)管理的实践,初步提出了如下的棉田害虫(棉铃虫)区域性生态调控技术。

5.1 采用科学的防治策略,指导害虫全程防治

在各类型棉田棉铃虫种群能量动态系统研究的基础上,将棉铃虫发生的全过程看成一个系统,形成相互关联的1~4代的防治策略和措施。即1代棉铃虫主要危害小麦,但不足以超过小麦的经济损失允许水平,因此麦田可以不使用化学农药防治棉铃虫;2代棉铃虫期间,春季播种的棉田和与小麦套作棉田的棉铃虫种群生产力最高,危害系数最大,被害损失量最多,是重点保护对象,且着重于保护棉株生长点;3代期间,以夏季播种的棉田和与小麦套作棉田棉铃虫种群生产力最高,被害最多,对棉花产量影响很大,应特别注意加强防治,着重于提高防治棉铃虫效果;4代期间,夏季播种的棉田和与小麦套作棉田棉铃虫种群生产力高,而此时棉株繁殖器官(如蕾、铃)生产力低,棉株耐害补偿力弱,因而棉铃虫种群的危害系数大,对棉花产量造成一定的影响,应加强对第4代棉铃虫管理^[1]。

棉蚜在苗期(苗蚜),以春播棉田棉蚜量密度较大,种群生产力较高,但其摄食效率很低,且棉株有很强的补偿能力,基本不用防治;伏蚜期间,棉蚜的生产力和摄入量很高,吮吸大量的棉株汁液,对棉株产量造成很大影响,套作棉田和播种期推后的棉田受害严重,应加强对这些田块棉蚜的控制,并特别注意提高防治的效果;秋蚜期间,棉蚜的种群生产力很低,棉株本身也

在衰退,一般不需要防治^[12]。

5.2 调节景观区域内作物布局,控制害虫能量的获得

进行麦棉连作,种植夏套棉,切断害虫的食物来源,避减苗蚜和2代棉铃虫种群能量生产。如河北省饶阳县麦后(6月15日)种植特早熟棉花品种“矮早一号”的结果表明,该棉花在7月15日才现蕾,因而避免了常规棉田6月发生苗蚜和6月下旬到7月中旬发生的2代棉铃虫危害,且第3,4代棉铃虫的发生也减轻^[13]。

通过棉豆间作和棉麦套作的棉田,既有利于天敌种群生产,也有利于害虫种群生产,相互作用的结果表现为:多样化的棉田生态系统(间套作棉田)的保益(保护天敌)功能较好,而控害(即控制害虫)作用较差的重要结论^[7],因此要保护和利用间套作棉田的天敌资源,重视区域性农田生态系统中间作棉田、套作棉田害虫的管理。

通过对3代棉铃虫在玉米田和棉田的发生动态及自然种群生命表分析,发现玉米田是3代棉铃虫的主要发生地,但由于棉铃虫在玉米田的幼虫死亡率很高,对玉米田不易造成危害,因此可以通过合理玉米、棉田布局,分流3代棉铃虫,减轻3代棉铃虫对棉田的危害作用^[14]。

5.3 优先使用无公害控害措施

5.3.1 通过追施化肥、喷施植物生长调节剂、整枝等,改善棉株的能量分配。如合理地追施化肥,可以明显地提高棉株的耐害补偿功能,棉株的产量增加。喷施缩节胺等生长调节剂,可促使棉株的生殖生长,还可抑制棉铃虫的发生。

5.3.2 使用昆虫信息素,诱杀或干扰害虫的正常行为,抑制害虫种群的能量生产。如应用棉铃虫性信息素诱捕法防治技术,可使棉铃虫区域性自然种群交配率下降40%以上,交配次数减少35%~45%,田间累计卵量减少35%~70%,卵的孵化率下降20%~45%,在大发生年减少用药1~2次。

5.3.3 使用其它与技术配套的NPV、Bt等生物农药,增加调控害虫的能力。

5.4 科学合理地进行化学防治

5.4.1 麦田不施药 麦田是早期棉铃虫及其天敌的主要栖息场所。根据 1 代棉铃虫在小麦上每公顷 15 万头 4~6 龄幼虫, 仅引起小麦产量损失为 3.96% 的研究结果^[15], 因此在麦田不需要使用化学农药防治棉铃虫, 这样既可以减少化学农药的投入, 又可以有效地保护和利用天敌资源。

5.4.2 科学使用化学农药 化学防治成倍地减少天敌种群能流参数值和对害虫的捕食利用效率^[8]。因此, 根据各代棉铃虫在景观区域内主要寄主作物(玉米、春播棉、夏播棉)田的自然种群生命表、为害特征及为害损失研究, 制定出棉铃虫总体的科学防治指标, 仅有当害虫种群密度超过经济阈值时, 才使用植源性杀虫剂等选择性农药, 以保护和利用天敌。

5.5 组建棉铃虫区域性生态调控技术体系

棉铃虫区域性生态调控采用“1 代麦田棉铃虫不防治, 保护利用天敌; 2 代重点防治春播棉田棉铃虫, 着重保护棉株生长点; 3 代重点防治迟播棉田棉铃虫, 着重提高防治效果; 4 代重点防治迟熟棉田棉铃虫, 保护青铃”的全程调控策略指导, 在各代棉铃虫准确监测和预报基础上, 通过麦棉套作和麦棉连作等区域性作物布局, 种植抗虫品种, 在麦田不使用化学农药, 在棉田使用性信息引诱剂防治 2, 3 代棉铃虫,

结合使用病毒、Bt 等生物农药、缩节胺等植物生长调节剂, 适当地使用选择性农药如植源性杀虫剂等措施, 通过综合、优化、设计与实施, 使它们相互协调, 有机地构成一个整体, 形成全程的、各代相联的棉铃虫区域性生态调控技术体系。几年来的实践表明, 该技术体系简单、方便、可行, 已在华北棉区取得了显著的经济效益和生态效益。

参 考 文 献

- 1 戈峰. 生态学杂志, 1998, **17**(2): 38~41.
- 2 Reed W., Pawar C.S. Proceedings of the International Workshop on Management, 15~20 Nov. 1981. ICRISAT. Center, Patancheru, A.P. Indian.
- 3 Turner, M.G. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 1989, **20**: 171~197.
- 4 Carey B.D. *Oecologia*, 1994, **99**: 337~342.
- 5 Cappuccino, N. *Oecologia*, 1998, **114**: 236~242.
- 6 Kruess A., Tschantke T. In: Ekbohm B (ed), *Interchanges of Insects Between Agricultural and Surrounding Landscapes*. London: Chapman & Hall, 1998.
- 7 戈峰, 丁岩钦. 应用生态学报, 1997, **8**(3): 295~298.
- 8 戈峰, 丁岩钦. 动物学集刊, 1995, **12**(增): 96~101.
- 9 戈峰, 丁岩钦. 动物学集刊, 1995, **12**(增): 20~26.
- 10 戈峰, 丁岩钦. 昆虫知识, 1998, **35**(5): 296~300.
- 11 戈峰, 丁岩钦. 应用生态学报, 1996, **7**(2): 185~190.
- 12 戈峰, 谢宝瑜. 昆虫知识, 1995, **32**(6): 330~332.
- 13 戈峰, 谢宝瑜. 昆虫知识, 1996, **33**(3): 139~141.
- 14 丁岩钦, 张占川. 昆虫学报, 1994, **37**(3): 305~310.
- 15 丁岩钦, 张占川. 昆虫知识, 1993, **30**(4): 209~211.

书刊评介

《细胞色素 P450 酶系的结构、功能与应用前景》

由冷欣夫和邱星辉编著, 科学出版社 2001 年 5 月出版, 16 开 252 页。

该书分 12 章, 分别介绍了生物体内重要的催化酶系——细胞色素 P450 的组成、分子特征、循环催化机理、分离纯化方法、种类多样性及其进化、结构和功能、与某些疾病的关系、基因表达和调控机制及其在农业上和环境保护中的应用前景等。该书是在作者多年从事昆虫毒理学研究的过程中, 大量收集了国内外这一领域最新成果的文献并结合自己的工作写成。故此书内容充实, 可读性强。正如中国科学院院士钦俊德教授在该书的序中所说, 细胞色素 P450 酶系作用的重要性已成为当代生物学研究中一个值得注意的领域, 该书的出版是我国生物学界的一件大事, 预期将对高校师生和有关的专业研究人员做出重要贡献。

该书可供从事药理学、环保学和昆虫毒理学方面的工作者以及大学有关专业的师生参考。

(本刊)