

# 从 IPM 到 EPM: 水稻有害生物治理的中国路径

## From IPM to EPM: China approaches for rice pest management

翟保平\*

(南京农业大学昆虫学系, 南京 210095)

Zhai Baoping\*

(Department of Entomology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, Jiangsu Province, China)

水稻是我国 60% 以上人口的主食, 每年种植面积约 0.286 亿  $\text{hm}^2$ , 占粮食作物种植面积的 26%, 总产量达 1 800 多亿 kg, 占粮食总产量的 43%, 对我国粮食的增产作用及贡献极大, 在我国粮食生产中具有举足轻重的地位, 水稻生产的丰欠盈亏直接关系到我国的粮食安全。同时, 我国农作物重大害虫中, 水稻害虫占半数之多且多具迁飞性, 其突发性给监测预警和防控治理带来了很大的难度, 造成的损失令人触目惊心, 治理费用也极为巨大。

进入新世纪以来, 全球变化背景下极端天气频现, 水稻种植制度和栽培方式也有了非常大的变化(压双扩单、免耕、秸秆还田、轻型栽培), 人口压力下对产量的超高追求导致氮肥过量使用、化学农药滥用、育种和栽培技术部门的单向思维等, 从而引发了水稻有害生物频繁暴发, 尤其是水稻两迁害虫稻飞虱和稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) 及其虱传病毒病的连年猖獗流行, 对我国的粮食安全直接构成了极大威胁; 而农村劳动力结构的变化、农业用地的迅速缩减、农田地力逐年下降等社会和生态因子不仅制约了水稻生产的可持续发展, 更加剧了水稻有害生物的致害程度、削弱了人们抵御农业生物灾害的有效性。

为什么病虫害越治越多越重? 为什么中国成了“hopper maker”? 本专栏的几十位专家学者通过回顾国内几十年来水稻病虫害草害的防控历程, 梳理国内外植保界从有害生物综合治理(integrated pest management, IPM)到有害生物生态治理(ecological pest management, EPM)的认知演化, 厘清水稻病虫害生态调控理论的内涵外延和实践成果, 探索水稻有害生物灾变的宏观规律和微观机制, 为今后水稻病虫害的生态治理提供理论基础和技术支撑。

IPM 是舶来品。20 世纪 50 年代加州大学几位昆虫学家首倡综合防治(integrated control), 1966 年 FAO 和 IOBC 提出害虫综合防治(integrated pest control, IPC), 1972 年起美国实施 Huffaker 计划, 推动有害生物综合治理(IPM), 其核心是以生态学为基础, 充分利用自然控害因素, 综合协调应用各种防治措施将害虫数量降到经济阈限之下, 实现害虫治理的生态、经济和社会效益(Ehler, 2006; Peshin & Dhawan, 2009)。但在迄今为止国内外几乎所有的 IPM 实践中, IPM 的理念基本上难以真正实行, 主要还是以化学防治为主, 以至于到了 20 世纪 80 年代不得不在 IPM 中引入农药抗性治理(insecticide resistant management, IRM) (Perveen, 2011; Pimentel & Peshin, 2014)。尽管 IPM 本身是为应对滥用农药造成的环境危机而构建的害虫治理体系, 但其可操作性不强且不可持续, 在实践中往往被药商和农药公司引入歧途(Schillhorn, 2000; Zalucki et al., 2009; Hokkanen, 2015)。问题的关键在于, IPM 的基础是生态学, 核心是天敌与害虫的种间关系, 虽然关于 IPM 的研究论文和学术著作汗牛充栋, 但绝大多数是根据有限的室内试验、小区试验和小尺度的田间试验得到的理论结果, 与生产实际相差甚远, 无法指导在实施层面上景观尺度的 IPM 实践(Martin et al., 2013; Pretty & Bharucha, 2015; Zalucki et al., 2015)。

IPM 面临困境, 美国国家研究会、农业委员会、病虫害防治委员会于 20 世纪 90 年代中期又提出了新世纪病虫害治理的新的解决方案, 即以生态为基础的害虫防治(ecologically based pest management, EBPM) (National Research Council, 1996)。委员会的专家们认为, IPM 之所以难以奏效, 就是因为此前的 IPM 实践已蜕变为基于阈限的应急处理, 因而新

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFD0300702), 国家自然科学基金(31471763)

\* 通讯作者 (Author for correspondence), E-mail: bpzhai@njau.edu.cn

收稿日期: 2017-12-28

方案进一步强调以生态学为基础、以自然控害力量来治理病虫害,形成安全、有利和可持续的治理模式。为此,就需要构建新的研究范式和学术文化:鼓励学科交叉,除了具体的生态学问题,更要注重社会经济和生态经济学的研究,包括风险分析、经济可行性分析、监管法规制定等。这种新观念虽然有所进步,但仍未考虑那些将IPM从以生态为基础的体系一步步导入以化学防治为基础的路径的社会政治因素,如农药公司(如孟山都)对政府、研究及推广机构的影响和掌控,而这种影响力和支配力仍将左右着EBPM的命运(O'Neil, 1997)。

与此同时,俄罗斯昆虫学家Tshernyshev提出了有害生物生态治理(EPM)的概念:在原来IPM各元素的基础上(剔除化学防治),更强调通过不同作物和自然复合体的有机组合(必要时人工投放天敌),支持并保持农田生态系统的稳定性和生物多样性,通过自然力量而非农药将害虫的暴发扑灭于低密度种群阶段。但他本人认为,在当时的知识储备和技术水平下,这种理念过于理想化,只能在将来取代IPM(Tshernyshev, 1995)。世纪之交,EPM理念日渐普及发展(Way & Heong, 1994; Landis et al., 2000; Gurr et al. 2004)。后来的EPM不同于Tshernyshev的概念,这里并不排除关键时刻农药的合理使用,但更强调在景观尺度上用生态工程的方法构建健康的农田生态系统,提升和维持农业生态系统的服务功能,通过栖境管理使整个农业生态环境有利于天敌种群的发展而不利于害虫种群的发生,从而大幅度减少农药和化肥的使用(Gurr et al., 2016; 2017)。这种栖境管理的思路与动物保护中的栖境保护原则可谓殊途同归(Carter & Jones, 1999)。在EPM的实践中,水稻病虫害的治理已初见成效(祝增荣等, 2012; 陈桂华等, 2016; Gurr et al., 2016),其主要推动者Heong、Gurr和浙江大学程家安教授居功至伟(Cheng et al., 2008; Heong et al., 2015; Gurr et al., 2017)。

我国的病虫害综合防治与国外的综合治理在本观点上一致,但国情迥异,因而路径上有所不同(张宗炳和曹骥, 1990; 张芝利等, 1996; 祝增荣和程家安, 2013)。国内早在20世纪50年代就已开始开展综合防治,如“改治并举”控制蝗害,“防、避、治”结合防治稻螟,以抗病品种和栽培技术为主,辅以药剂防治小麦锈病、小麦吸浆虫、稻瘟病和甘薯黑斑病等,都积累了成功经验。1974年在广东省韶关市召开了第一次全国农作物病虫害综合防治学术讨论会,1975年全国植保工作会议提出了“预防为主,综合防治”的植保方针,1980年10月全国植保站长会议总结了综合防治的实施进展(曾昭慧, 1987)。20世

纪80年的初期,北京大学张宗炳教授对国外IPM文献和著作做了大量的译介推广工作(张宗炳, 1983; 1986a, b; 1988),但直到20世纪90年代,中国植保界才完成了从综合防治到IPM的演变(张宗炳和曹骥, 1990; 丁岩钦, 1993)。1996年,为纪念“预防为主,综合防治”植保方针确立20周年,全国农业技术推广服务中心和中国昆虫学会在昆明市联合召开了“中国有害生物综合治理学术讨论会”,最终确立了IPM是落实植保方针的正确途径(张芝利等, 1996)。这次会议承上启下继往开来,成为中国IPM实践中的里程碑。

2006年初,全国植物保护高层论坛在北京市举行。与会专家回顾了国内IPM实践中出现的诸多问题,明确了农田生态系统的退化和生态系统服务功能的丧失造成了农作物有害生物的连年猖獗,走生态治理之路才是解决有害生物危害的唯一途径。倡议树立“公共植保”和“绿色植保”理念,明确植保是公益性的政府行为,推进植保体系的改革创新和机制创新;进一步完善植保方针,从“预防为主、综合防治”迈向“有害生物持续治理”、从“作物系统”向“农田系统”转变、从“单一病虫”到“生物群落”转变、从“单一措施”向“综合调控”转变、从“应急处置”到“持续治理”转变(夏敬源, 2010)。同年4月,农业部在湖北省襄樊市召开了全国植保工作会议,正式确立了“公共植保”和“绿色植保”的新理念。公共植保就是要把植保工作作为农业和农村公共事业的重要组成部分,突出其社会管理和公共服务职能;建成以县级以上国家公共植保机构为主导、乡镇公共植保人员为纽带,多元化专业服务组织为基础的新型植保体系,形成国家公共植保系统与多元化专业服务组织系统优势互补、相得益彰的体系构架;绿色植保就是要把植保工作作为人与自然和谐系统的重要组成部分,突出其对高产、优质、高效、生态、安全农业的保障和支撑作用(范小建, 2006)。

目前,有2个问题值得注意。一是要正确理解公共植保。总的来讲,“公共植保”理念的确立是我国政府行政管理的巨大进步,十几年来来的实践已经为我国新型植保体系的建立提供了坚实的经济、社会和政策保障,可谓功德无量。但近年来在植保体系管理中过行政化的趋势也日渐显现,甚至认为公共植保就是“三分技术,七分行政”、“把部门行为转化为政府行为”,这有悖于“襄樊会议”的理念。植物保护是一项技术性、专业性极强的公益事业,政府不能越俎代庖替代植保部门,不能以政府行政机关的条例来管理植保业务。如政府公车改革后,基层测报人员下乡下田调查病虫害的交通工具也被取消,

导致植保部门的正常业务运行难以开展, 病虫害监测数据的质量无法保证。因此, 新型植保系统服务职能的履行亟需去行政化。

二是要正确理解绿色植保。首先, 绿色植保并非不用农药, 即使有机农业也不是不用药。实际上, 随着农药科学技术的发展, 化学农药已经越来越“绿色”了 (Perveen, 2011; Pimentel & Peshin, 2014), 而且某些情况下生物农药和植物源农药并不比化学农药更安全。如 Bahlai et al. (2010) 在大豆蚜 *Aphis glycines* Matsumura 防控中所用的绿色农药 (organic pesticides) 除了杀虫效果差外, 无论是室内生测还是田间试验, 其对天敌的负面影响都和合成药剂相似甚至更高。所以, 绿色植保不是不用药, 而是要在景观设计的基础上, 在关键时刻用“好药”、“用好”药。其次, 从生态学原理上讲, 天敌的作用是非常有限的, 仅仅在害虫种群密度不高和环境比较稳定时 (natural enemy ravine) 才会发挥控害作用 (Southwood & Comins, 1976)。Martin et al. (2013) 的研究表明, 虽然在简单农业景观中天敌的互作对害虫是中性效应, 但在复杂农业景观中天敌的互作对整个生防却是负面效应。而EPM的核心恰恰是通过栖境管理和生态工程使景观复杂化, 故天敌在整个农田生态系统中的实际作用需要大量景观尺度的细致研究来客观评价。Southwood & Comins (1976) 强调的是栖息地的稳定程度与种群数量间的关系, Martin et al. (2013) 的研究则明确了景观的复杂程度对天敌的效应。因此, 绿色植保的核心任务就是通过栖境管理和生态工程将害虫种群压在低密度平衡态, 从而使自然控害力量能持续发挥作用。

如今, 生态治理的理念日益深入人心, 新型植保体系的建设已初见成效, 国内有害生物治理的生态工程建设也有了长足的进展, 但在生态工程的实践中仍面临着各种各样的棘手问题和巨大挑战 (中国科协学会学术部, 2016)。首先, 我国农作区很少有田外生境, 这使得国际上尤其是热带地区生态工程的理论和实践在国内土地资源稀缺、农业生产精耕细作的环境中很难操作。其次, 十几亿人口巨大的生存压力和保证粮食安全的绝对要求, 使得中国大陆对高产的需求日增, 不得不对农田生态系统实行高强度高频次的外部投入和人工干预。再次, 因为文化传统和社会运作机制的巨大差别及城镇化过程中农村劳动力结构的深刻变化, 国际上目前应用的推广生态工程的运作方式很难照搬。鉴于此, 如何在中国开展生态工程, 实现有害生物的生态治理, 需要仔细斟酌通盘考虑。如何根据国情用合适的方法

走一条中国自己的生态治理之路, 亟需生态学家和植保相关领域专家携手共商因应之策 (翟保平, 2011)。

回望“人虫大战”的历程, 人类似乎从来没有真正胜利过。有害生物的适应能力大大超出了人类的想象力, 任何一种防治技术的进步只能取得短暂的控害作用, 几年之内就会被病虫害适应而失效。吡虫啉如此, 康宽如此, 抗性品种也如此, 被人们寄予厚望的转基因作物同样也会如此。再回首IPM的应用历程, 更让植保人尴尬万分: 尽管IPM推行了半个世纪, 但病虫害造成的产前产后损失仍然约为30%, 与上世纪初几乎是一样的; 而世界范围内农药的用量并未显著下降, 实际上某些地区 (如中国和东南亚国家) 还有所增加甚至大幅度增加 (Heong et al., 2015)。好在20世纪60年代以来, 农药和化肥的普及与集约化农业驱动了全球食物生产的持续增长。此间全球农作物面积增加了11% (从45亿hm<sup>2</sup>到50亿hm<sup>2</sup>), 而食物生产量增加了145%, 其中亚洲280%、拉美200%, 而中国则增加了5倍; 西方国家起点高, 美国在过去40年里增加了1倍, 西欧增加了68%。虽然同期世界人口从30亿增加到70多亿, 但今天的人均食品占有量还是比1960年增加了25% (Pretty & Bharucha, 2015)。从IPM进入EPM时代, 我们也面临着越来越大的挑战: 全球变化、耕作制度变化、栽培方式变化、社会结构变化、劳动力结构变化, 还有有害生物的“道高一尺魔高一丈”。保障国家的粮食安全是植保人的天职和使命, 我们任重而道远。本专刊的组稿与刊出适逢其时, 希望能对水稻病虫害的生态治理有所启示。衷心感谢各位作者不吝赐稿, 感谢大家在当下学术生态的大气候中对中文期刊的无私奉献!

## 参 考 文 献 (References)

- Bahlai CA, Xue Y, McCreary CM, Schaafsma AW, Hallett RH. 2010. Choosing organic pesticides over synthetic pesticides may not effectively mitigate environmental risk in soybeans. *PLoS ONE*, 5 (6): e11250
- Carter JE, Jones MH. 1999. Habitat composition of Mauritius kestrel home ranges. *Journal of Field Ornithology*, 70(2): 230-235
- Chen GH, Zhu PY, Zheng XS, Yao XM, Zhang FC, Sheng XQ, Xu HX, Lü ZX. 2016. Applying eco-engineering to control rice insect pests: Jinhua schema. *China Plant Protection*, 36(1): 31-36 (in Chinese) [陈桂华, 朱平阳, 郑许松, 姚晓明, 张发成, 盛仙俏, 徐红星, 吕仲贤. 2016. 应用生态工程控制水稻害虫技术在金华的实践. *中国植保导刊*, 36(1): 31-36]
- Cheng JA, Zhu JL, Zhu ZR, Zhang LG. 2008. Rice planthopper outbreak and environment regulation. *Journal of Environmental Entomology*, 30(2): 176-182 (in Chinese) [程家安, 朱金良, 祝增荣, 章连观. 2008. 稻田飞虱灾变与环境调控. *环境昆虫学报*, 30

- (2): 176–182]
- China Association for Science and Technology. 2016. Restorations of the agroecosystem health: China approaches in international perspective. Beijing: China Science and Technology Press, pp.178 (in Chinese) [中国科协学会学术部. 2016. 农田生态系统健康的修复: 国际视野下的中国途径. 北京: 中国科学技术出版社, pp. 178]
- Ding YQ. 1993. Ecological management of pest insect population. *Acta Ecologia Sinica*, 13(2): 99–106 (in Chinese) [丁岩钦. 1993. 论害虫种群的生态控制. *生态学报*, 13(2): 99–106]
- Ehler LE. 2006. Integrated pest management (IPM): definition, historical development and implementation, and the other IPM. *Pest Management Science*, 62(9): 787–789
- Fan XJ. 2006. Address to the National Plant Protection Working Session. *China Plant Protection*, 26(6): 5–13 (in Chinese) [范小建. 2006. 在全国植物保护工作会议上的讲话. *中国植保导刊*, 26(6): 5–13]
- Gurr GM, Lu ZX, Zheng XS, Xu HX, Zhu PY, Chen GH, Yao XM, Cheng JA, Zhu ZR, Catindig JL, et al. 2016. Multi-country evidence that crop diversification promotes ecological intensification of agriculture. *Nature Plants*, 2(3): 16014
- Gurr GM, Wratten SD, Altieri MA. 2004. Ecological engineering for pest management: advances in habitat manipulation for arthropods. Collingwood, Australia: CSIRO Publisher, pp. 225
- Gurr GM, Wratten SD, Landis DA, You MS. 2017. Habitat management to suppress pest populations: progress and prospects. *Annual Review of Entomology*, 62: 91–109
- Heong KL, Cheng JA, Escalada MM. 2015. Rice planthoppers: ecology, management, socio economics and policy. Hangzhou: Zhejiang University Press, Springer. pp. 239
- Hokkanen HMT. 2015. Integrated pest management at the crossroads: science, politics, or business (as usual)? *Arthropod-Plant Interactions*, 9(6): 543–545
- Landis DA, Wratten SD, Gurr GM. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, 45: 175–201
- Martin EA, Reineking B, Seo B, Steffan-Dewenter I. 2013. Natural enemy interactions constrain pest control in complex agricultural landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(14): 5534–5539
- National Research Council. 1996. Ecologically based pest management: new solutions for a new century. Washington, DC: The National Academies Press, pp. 160
- O'Neil RJ. 1997. Book review: ecologically based pest management: new solutions for a new century. *Crop Protection*, 16(3): 292–293
- Perveen F. 2011. Insecticides: advances in integrated pest management. Croatia: InTech Publisher, pp. 722
- Peshin R, Dhawan AK. 2009. Integrated pest management: innovation-development process. Netherlands: Springer, pp. 688
- Pimentel D, Peshin R. 2014. Integrated pest management: pesticide problems. Netherlands: Springer, pp. 484
- Pretty J, Bharucha ZP. 2015. Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects*, 6(1): 152–182
- Schillhorn TWV. 2000. Agricultural pest management at a crossroads: new opportunities and new risks. Taipei: Extension Bulletin-AS-PAC, Food & Fertilizer Technology Center, pp. 13
- Southwood TRE, Comins HN. 1976. A synoptic population model. *Journal of Animal Ecology*, 45(3): 949–965
- Tshernyshev WB. 1995. Ecological pest management (EPM): general approaches. *Journal of Applied Entomology*, 119(1/5): 379–381
- Way MJ, Heong KL. 1994. The role of biodiversity in the dynamics and management of insect pests of tropical irrigated rice — a review. *Bulletin of Entomological Research*, 84(4): 567–587
- Xia JY. 2010. Development and expectation of public and green protection. *China Plant Protection*, 30(1): 5–9 (in Chinese) [夏敬源. 2010. 公共植保、绿色植保的发展与展望. *中国植保导刊*, 30(1): 5–9]
- Zalucki MP, Adamson D, Furlong MJ. 2009. The future of IPM: whither or wither? *Australian Journal of Entomology*, 48(2): 85–96
- Zalucki MP, Furlong MJ, Schellhorn NA, Macfadyen S, Davies AP. 2015. Assessing the impact of natural enemies in agroecosystems: toward “real” IPM or in quest of the Holy Grail? *Insect Science*, 22(1): 1–5
- Zeng ZH. 1987. Integrated pest control in China. *Plant Protection*, 13(1): 2–4 (in Chinese) [曾昭慧. 1987. 我国农作物病虫害综合防治的进展. *植物保护*, 13(1): 2–4]
- Zhai BP. 2011. Rice planthoppers: a China problem under the international perspectives. *Chinese Bulletin of Entomology*, 48(5): 1184–1193 (in Chinese) [翟保平. 2011. 稻飞虱: 国际视野下的中国问题. *应用昆虫学报*, 48(5): 1184–1193]
- Zhang ZB. 1983. Integrated pest management: a new idea for pest control. *Beijing Agricultural Science*, (1): 19–22 (in Chinese) [张宗炳. 1983. 害虫的综合治理——一种治虫新观点. *北京农业科学*, (1): 19–22]
- Zhang ZB. 1986a. Integrated pest management: concept and essentials. *Plant Protection*, 12(1): 29–32 (in Chinese) [张宗炳. 1986a. 害虫的综合治理的概念与要点(一). *植物保护*, 12(1): 29–32]
- Zhang ZB. 1986b. Integrated pest management: concept and essentials. *Plant Protection*, 12(2): 39–41 (in Chinese) [张宗炳. 1986b. 害虫的综合治理的概念与要点(二). *植物保护*, 12(2): 39–41]
- Zhang ZB. 1988. Pest resurgence and protection of natural enemy. *Chinese Journal of Biological Control*, 4(2): 71–78 (in Chinese) [张宗炳. 1988. 害虫再增猖獗与天敌保护. *生物防治通报*, 4(2): 71–78]
- Zhang ZB, Cao J. 1990. Pest control: strategy and approaches. Beijing: Science Press, pp. 630 (in Chinese) [张宗炳, 曹骥. 1990. 害虫防治: 策略与方法. 北京: 科学出版社, pp. 630]
- Zhang ZL, Piao YF, Wu JW. 1996. Proceedings of the National Symposium on IPM in China. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, pp. 1265 (in Chinese) [张芝利, 朴永范, 吴钜文. 1996. 中国有害生物综合治理论文集. 北京: 中国农业科技出版社, pp. 1265]
- Zhu ZR, Cheng JA. 2013. The evolution and perspective of rice insect pest management strategy in China. *Plant Protection*, 39(5): 25–32 (in Chinese) [祝增荣, 程家安. 2013. 中国水稻害虫治理对策的演变及其展望. *植物保护*, 39(5): 25–32]
- Zhu ZR, Lü ZX, Yu MQ, Guo R, Ren DD, Cheng JA. 2012. Ecological engineering for pest management in rice. Beijing: China Agriculture Press, pp. 112 (in Chinese) [祝增荣, 吕仲贤, 俞明全, 郭荣, 任典东, 程家安. 2012. 生态工程治理水稻有害生物. 北京: 中国农业出版社, pp. 112]

(责任编辑:高 峰)