



稻飞虱研究

林华峰 苏卫华 周本国 胡本进 李世广◎著



科学出版社

稻飞虱研究

林华峰 苏卫华 周本国 胡本进 李世广 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

水稻是我国最重要的粮食作物,水稻的稳产、高产与优质是我国粮食安全的重要保证。但稻飞虱的危害是水稻生产的一大障碍。本书完整真实地展示了稻飞虱研究领域的最新成果,兼顾理论性与应用性,力求深入浅出,通俗易懂。

本书共分为十章。分别为概论,稻飞虱分类地位及形态特征,稻飞虱的种群生物学特性,稻飞虱的分布及为害,稻飞虱暴发的特点及原因,稻飞虱迁飞规律,稻飞虱灾变与环境的关系,稻飞虱预测预报,抗稻飞虱品种选育及应用,稻飞虱的综合治理。

本书可供从事稻飞虱研究的科技工作者及高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

稻飞虱研究/林华峰等著. —北京:科学出版社, 2015

ISBN 978-7-03-044512-4

I. ①稻… II. ①林… III. ①水稻害虫-飞虱科-研究
IV. ①S435.112

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 120445 号

责任编辑:刘思佳 王 钰 童安齐 / 责任校对:马英菊

责任印制:吕春珉 / 封面设计:一克米工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 6 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2015 年 6 月第一次印刷 印张: 19 1/2

字数: 450 000

定价: 80.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈京华虎彩〉)

销售部电话 010-62142126 编辑部电话 010-62138978-8208

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

《稻飞虱研究》著者名单

林华峰	安徽农业大学
苏卫华	安徽省农业科学院
周本国	安徽省农业科学院
胡本进	安徽省农业科学院
李世广	安徽农业大学

前言

水稻是我国最重要的粮食作物,水稻的稳产、高产与优质是我国粮食安全的重要保证。以褐飞虱为优势种类的稻飞虱是水稻的重要害虫,其对水稻的危害,严重制约水稻的生产,自20世纪60年代起,由于东南亚国家推广了耐肥高产的水稻品种,加上密植栽培、偏施氮肥及无节制地使用化学农药而破坏了稻田生态平衡,稻飞虱在亚洲许多国家的危害日趋严重,暴发的频率显著增加,我国更是常发的重灾区。据农业部全国农业技术推广服务中心统计,1995—1999年,稻飞虱在我国主要稻区持续严重发生,部分稻区特别是在晚稻、单季稻上,甚至暴发成灾,其中1997年是20世纪90年代以来稻飞虱第2个重发年,江淮及长江中游稻区出现了大面积的“冒穿”,全国主要稻区大片稻田倒瘫绝收,损失空前惨重。自进入21世纪以来,稻飞虱发生范围和发生数量进一步上升,2005—2007年年平均发生危害面积达2 670万hm²以上,居历史高位。最近几年,由于全国的高度重视,密切监控,各地每年将其控制在始发阶段,但是,由于稻飞虱的迁飞性和暴发性特点,使其对水稻生产仍形成严重威胁。

针对稻飞虱的频频侵害,我国政府及有关科研机构曾投入大量人力物力,组织协作研究和开展统筹防治,积累了很多宝贵的经验,形成了丰富的技术资料。在20世纪70年代中期,由当时的国家科委下达了“褐飞虱迁飞规律及预测预报”全国协作课题研究任务,组织了全国17个省、自治区、直辖市的143个单位协作,进行褐飞虱越冬及迁飞规律研究和异地预报,取得了重要研究成果,获得了国家级奖励。在此基础上,“褐飞虱综合防治技术研究”一直是国家“六五”至“十二五”计划重点科技攻关内容,相关研究还获得了国家公益性行业(农业)科研专项、国家自然科学基金、“973”项目、国际合作项目等多方面资金的支持,现已基本探明稻飞虱的生活习性、发生规律、检测方法与治理对策,特别是对褐飞虱的远距离迁飞规律,大发生原因,绿色防控策略等方面已作过较深入研究,这些研究对其他种类的稻飞虱甚至稻叶蝉等害虫的治理也具有引领与示范作用。纵观当今稻飞虱的研究,各类论文涌现、相关书刊层出不穷、新技术新成果日新月异,因此整理并总结稻飞虱现有的研究成果,可使广大植保科技工作者更方便快捷地掌握和应用稻飞虱的治理新技术,对指导生产很有现实意义。

在科学出版社的支持和安排下,由多年参加过多项国家稻飞虱课题研究的安徽农业大学牵头,会同安徽省农业科学院多位害虫防治专家,在安徽省农业科学院经济与信息研究所和农业灾害风险分析研究科技创新团队的帮助下,对多年来的稻飞虱研究资料进行整理与撰写,几经修改与充实,终于使《稻飞虱研究》一书如期面世。各参加单位及撰写人员献智献力,各展其长,形成合力,使本书在专业水平和出版经费方面有了保障。对各合作单位大力支持及各位作者的精诚合作,我们心存感激!

本书共分十章。第一章概论;第二章稻飞虱分类地位及形态特征;第三章稻飞虱的种群生物学特性;第四章稻飞虱的分布及为害;第五章稻飞虱的暴发特点与原因;第六章稻飞虱迁飞规律;第七章稻飞虱灾变与环境的关系;第八章稻飞虱预测预报;第九章抗稻飞虱品种选育及应用;第十章稻飞虱的综合治理。本书的特点是,收集的资料较系统全面,融汇了近年的新理念新技术,完整真实地展示了不同层面的最新成果,兼顾理论性与应用性,力求深入浅出,通俗易懂。为便于国内外业界的广泛交流,本书中重要内容采用了中英文对照,这就大大地扩展了本书的读者群,使本书的应用价值也大为提升,作为专业书籍,在语言方面可通过努力顾及更多的使用者,这也构成了本书的一大特色。

由于本书内容较多,涉及面广,且资料来源途径不一,形式多样,加上版面格式的限制,有的部分出处标注也许未能详尽,但这不会淹没各位研究者对本书的可贵贡献,在此,对本书中提到或未提到的各类资料原作者致以敬意和谢意!由于作者水平有限,对浩瀚的稻飞虱研究文献的收集无法尽善尽美,疏漏之处在所难免,敬请广大读者斧正。

林华峰

2015年3月

目 录

前言	
第一章 概论	1
1 国际水稻研究所对稻飞虱的生态治理	2
2 日本的稻飞虱研究	4
3 泰国稻飞虱的综合治理	5
4 越南稻飞虱的综合治理	8
5 中国的稻飞虱问题	9
第二章 稻飞虱分类地位及形态特征	18
1 飞虱类	18
2 褐飞虱类	29
3 白背飞虱类	38
4 灰飞虱类	48
5 种群区别	51
第三章 稻飞虱的种群生物学特性	55
1 寄主植物	55
2 取食行为	60
3 翅型分化现象	63
4 成虫求偶行为	66
5 成虫交配行为	67
6 产卵行为	69
7 成虫的趋光与趋嫩绿习性	73
8 卵的发育	75
9 若虫的发育	76
10 雌虫卵巢的发育	78
11 褐飞虱的生物型	82
第四章 稻飞虱的分布及为害	89
1 种群分布	89
2 稻飞虱的发生	90
3 稻飞虱的为害	99
4 种群区别	106
第五章 稻飞虱暴发的特点及原因	118
1 稻飞虱的暴发	118
2 稻飞虱暴发的特点	120

3 稻飞虱暴发的原因	127
第六章 稻飞虱迁飞规律	141
1 越冬与迁飞	141
2 迁飞规律	144
3 迁飞轨迹	153
4 迁飞能力	157
5 迁飞对策	160
6 迁飞机制	161
第七章 稻飞虱灾变与环境的关系	165
1 气候因子及其影响	165
2 农业措施及其影响	185
3 天敌因子及其影响	189
第八章 稻飞虱预测预报	197
1 预测预报依据	197
2 预测预报类型	198
3 预测预报方法	200
4 预测模型	210
5 预测预报体系	218
6 稻飞虱预测工作的改进	230
第九章 抗稻飞虱品种选育及应用	234
1 抗褐飞虱品种选育及应用	234
2 水稻对白背飞虱的抗性及其利用	253
3 水稻对灰飞虱的抗性及其利用	265
4 水稻对白背飞虱抗性与褐飞虱抗性关系	269
5 发展趋势	271
第十章 稻飞虱的综合治理	275
1 稻飞虱防治的常用技术措施	275
2 稻飞虱的综合防控	296
3 稻飞虱的国际协同防治	298

第一章 概论

水稻是世界上约一半人口的主粮,世界上约有 7.5 亿人口以稻米为生,而且每年还会增加大约 5 000 万人口的稻米消费者。不仅如此,在亚洲,稻作、稻米还是生活方式、文化传统、风俗习惯、精神信仰等方面一种不可或缺的存在。所以,水稻生产的安全世界瞩目,而稻飞虱则是几十年来水稻生产中日益严重的巨大威胁。

水稻稻飞虱包括褐飞虱(*Nilaparvata lugens* Stål)、白背飞虱(*Sogatella furcifera* Horváth)和灰飞虱(*Lacdelphax striatellus* Fallén),特别是褐飞虱在 20 世纪 70 年代中期曾一度被视为是亚洲水稻生产的威胁,同时它还在 1977 年召开的首次国际水稻会议上被贴上了“绿色革命害虫”的标签。现代高产矮秆水稻品种如“台中 1 号”、“IR8”和“杰雅”(Jaya)等曾经在一些亚洲国家广为种植。在氮肥和灌溉等高投入的推动下,这些品种的产量比生长期长的品种、光敏型品种、旱地品种及其他改良型品种要提高 1 倍。为获得更高的产量,无机氮肥的大量使用也就变得不可避免,从而导致这些品种表现出了对主要害虫和病害的易感染性。因急于获取这些优良品种的全部产量潜力,农民被诱导使用广谱、持效性杀虫剂如六六六(BHC)、甲基对硫磷(methyl parathion)等,这种做法导致了褐飞虱的猖獗为害,普遍造成“冒穿”或“虱烧”。在此背景下,菲律宾国际水稻研究所(IRRI)于 1977 年举办了第一次国际会议。这次会议的议项包括褐飞虱抗性育种,并初次提出了病虫害综合治理(IPM)方案,强调在未来 20 年的褐飞虱防治中应减少使用不必要的杀虫剂。

稻飞虱除了自身对水稻的为害,它们传播的水稻草状矮化病、水稻齿叶矮化病、水稻条纹叶枯病、水稻黑条矮缩病、南方水稻黑条矮缩病更是毁灭性的。从 20 世纪 60 年代末期始,稻飞虱及其传带的病毒病就一直是亚洲水稻生产中挥之不去的梦魇,美国马里兰大学 Dale Bot-

Rice is the staple food of about half of the population around the world. About 750 million poor people in the world are living on rice, with an increase of about 50 million rice consumers per year. The safety of rice production has received the world's attention, and rice planthoppers are huge threats in rice production over past decades. The rice planthoppers include brown planthopper, white-backed planthopper and small brown planthopper, especially brown planthopper has once been regarded as the threat of rice production in Asia.

Modern highyielding and dwarf rice varieties, such as “Taichung 1”, “IR8” and “Jaya”, have once been widely cultivated in some Asian countries.

Eager to obtain the yield potential of these fine varieties, farmers are induced to use pesticides with broad spectrum and long duration, such as BHC and methyl parathion, and this approach leads to rampant damage of brown planthopper, commonly resulting in hopperburn.

In addition to direct damage on rice, rice planthoppers also spread five devastating viral diseases, including rice grassy stunt disease, rice ragged stunt disease, rice black streaked dwarf disease, rice stripe disease, rice black streaked dwarf disease and southern rice blackstreaked dwarf disease. The emergence of rice planthoppers is the product of so-called “green revolution”.

In the mid 1960s, IRRI bred the first semi-dwarf variety IR8, and large-scale cultivation of IR8 in south and southeast Asian rice growing regions led to green revolution of rice in Asia. IRRI held the first symposium on brown planthopper in 1977, and launched an extensive discussion on morphology, ecology, outbreak and migration, biocontrol and variety resistance breeding of brown planthopper.

In the following 30 years, IRRI carried out a series of training programs and promotion actions in tropical rice regions, and noisily communicated with farmers and officials, so as to change decision-making psychology, drug habits and behavior mode of rice farmers in controlling process against rice planthoppers and reduce the use of chemical pesticides, especially reduce pesticide application in early stage (pesticides should not be sprayed within 40 d after rice transplanting as far as possible), thereby gradually restoring services function of paddy ecosystem so that the natural populations of natural enemies can be enough to suppress the density level for outbreak of planthopper.

trell 教授称之为“the ghost of green revolution”。稻飞虱的暴发是所谓“绿色革命”的产物。高水肥、高投入(包括化学农药)、高产出的水稻生产模式使水稻自身及其稻田生态系统都对稻飞虱的种群发展极为有利,从此亚洲的整个热带地区稻飞虱发展迅速,接着就是地处亚热带和温带的中国、日本、韩国等东亚和东北亚地区。

1 国际水稻研究所对稻飞虱的生态治理

国际水稻研究所创立于 1960 年。20 世纪 60 年代中期,IRRI 培育出第一个水稻半矮秆品种 IR8,它在南亚和东南亚稻区的大面积种植导致了亚洲水稻的绿色革命。虽然稻飞虱在日本自古以来都是一个重要害虫,但在热带稻区却一直微不足道。而与改良的品种和新的栽培方式相伴生的是氮肥的过量使用和化学农药的滥用,随之而来的是稻飞虱在热带稻区的频频暴发。1977 年,IRRI 召开了第一次褐飞虱研讨会,就褐飞虱的形态学、生态学、暴发与迁飞、化防、生防、品种抗性培育等展开了广泛的讨论。其中,4 位日本与会者给出了分量最重的核心内容:久野英二(京都大学农学院)——温带褐飞虱的生态学;平尾重太郎(九州农试场)——褐飞虱暴发的预测;岸本良一(中央农试场)——褐飞虱的迁飞;寒川一成(IRRI 高级访问学者)——产量损失和经济阈值。凸显出日本人对稻飞虱研究积累的厚重。之后的 30 年里,IRRI 在热带稻区开展了一系列的培训项目和推广行动,并大张旗鼓地与农户和官员“交流(communication)”,旨在改变稻农防治稻飞虱的决策心理、用药习惯和行为方式,减少化学农药的使用,尤其是减少早期用药(水稻插秧后 40 天内尽量不用药),从而逐步恢复稻田生态系统的自我调节功能,使天敌的自然种群能达到足以压制稻飞虱暴发的密度水平。联合国粮农组织(FAO)、联合国开发署、世界银行等国际机构也为数千名农户提供保护天敌和减少用药的培训。多年的实践使水稻昆虫学家们认识到,单靠抗性品种或单靠杀虫药剂都已难敌日益强大的稻

飞虱的频繁进攻,必须采用综合手段,充分加强和发挥生态系统的自然控害作用,寻找一条可持续的生态治理途径。为此,IRRI 在 2008 年启动了由亚行资助的稻飞虱生态工程项目“Rice Planthopper Project”(2008—2012),力促生态工程的全面推进,研发增加稻田生物多样性、恢复稻田生态系统自我调节功能的各种技术。几年来,项目开展了一系列的能力建设行动和农户 KAP (knowledge, attitude and practices; 知识、态度和实践)基础调查活动,试图将能力建设和调查结果用于寻找农户 KAP 的不足之处,并通过筹划一系列的沟通对策(communication strategy)使之得以弥补。另在泰国的差那省(Chainat),越南的前江省(Tien Giang)和安江省(An Giang),中国浙江金华和广西永福等地建立了生态工程试验示范区,进行生态调控稻飞虱的实践。2010 年又在海南设点开展生物多样性保护的试验示范区。IRRI 还在 2008 年开通了 1 个专业网站,报道有关稻飞虱的最新信息。

2008 年,IRRI 在菲律宾 Los Baños 召开了第 2 次稻飞虱国际研讨会,探索稻飞虱可持续治理对策的新途径。88 位代表出席了会议,其中 IRRI 25 人,菲律宾 13 人,日本 7 人,泰国 6 人,越南和印度各 5 人,中国内地 4 人,韩国、马来西亚、柬埔寨和联合国粮农组织(FAO)各 3 人,孟加拉、印尼、老挝和美国各 2 人,新加坡、澳大利亚及中国台湾地区各 1 人。此次会议将研讨的目标害虫定为褐飞虱、白背飞虱和灰飞虱 3 个种。FAO 的 Peter Kenmore 博士和澳大利亚 Charles Sturt 大学的 Geoff Gurr 教授分别就稻飞虱种群动态演化和生态工程做了核心报告,浙江大学程家安教授报告了稻飞虱问题及其暴发原因,全国农业技术推广服务中心夏敬源主任介绍了中国稻飞虱的发生态势,浙江省农业科学院吕仲贤研究员报告了富氮水稻植株对稻飞虱适合度的影响。在发生状况、稻飞虱与植物的关系、迁飞生态和种间互作、稻飞虱治理途径几个方面还有 15 个报告,对第一次褐飞虱会议之后 30 年的研究进展和存在问题进行了全面总结和深度分析。

IRRI started another planthopper ecological project funded by ADB in 2008: “Rice Planthopper Project” (2008–2012), to urgently promote overall progress of ecological engineering, and develop a variety of techniques to increase biological diversity of paddy field and restore service function of paddy ecosystem.

IRRI opened a professional website in 2008 to report the latest information about rice planthoppers. In 2008, IRRI held the 2nd planthopper international symposium in Los Baños, and 88 representatives attended the meeting to explore new ways for sustainable governance measures against rice planthoppers. IRRI also set up an experimental demonstration area for biodiversity conservation in Hainan Island in 2010.

2 日本的稻飞虱研究

The damage of rice planthoppers has a long history in Japan, and there are many records about outbreak of rice planthoppers in history books. The researches on rice planthoppers in Japan are longstanding, which can trace back to the early 20th century. Overwintering investigation of rice planthoppers had been conducted for continuous three years from 1920 to 1923, and overwintering sources of brown planthopper and whitebacked planthopper had not been found.

In 1967, oversea migration of large quantity of planthoppers was monitored by Ocean Weather Station Tango (29°N , 135°E) at about 500 km in southwest of Honshu in Japan, and thus opened a prologue for migration study of rice planthoppers.

日本受稻飞虱为害的历史久远,稻飞虱的暴发史书中也多有记载;日本对稻飞虱的研究也源远流长,最早可追溯到20世纪初。1920—1923年,村田藤七在全日本组织了连续3年的稻飞虱越冬调查,未发现褐飞虱和白背飞虱的越冬虫源。据此,当年一些日本昆虫学者也怀疑稻飞虱不能本地越冬而是从其他很远的地方迁移而来,但一直没有证据;而大多数昆虫学者坚持认为飞虱是在未知栖境的杂草上越冬,尽管也一直没找到证据。但日本昆虫学者对稻飞虱的生物学和生态学还是做了大量详尽的研究。早在1956年,岸本良一就在 *Nature* 上发表了关于稻飞虱翅型分化的研究结果;2年后,他又发表了对稻飞虱滞育和休眠的系列研究报道;1967年又有灰飞虱获毒能力的研究报告。而且,对稻飞虱的化学防治、抗虫品种、生态治理、抗药性和致害性等的研究也成果颇丰,日本植保学会会刊“植物防疫”曾出过几次专刊讨论稻飞虱及其所传病毒病的防治问题。

1967年,朝比奈正二郎和鹤冈保明在日本本州西南约500 km的海洋气象站Tango(29°N , 135°E)发现大群飞虱越海迁飞,就此揭开了稻飞虱迁飞研究的序幕。1968年,岸本良一在气象观测船上安装了3个大型捕虫网,当年捕到白背飞虱154头、褐飞虱30头;1969—1971年,又捕到白背飞虱4462头、褐飞虱1893头。岸本良一分析了海上大规模见虫时的气象条件,提出了梅雨锋、低压移动等是出现稻飞虱大量迁入日本的前提条件。1972年1月至4月间,岸本良一又到我国台湾、香港和菲律宾等地调查了稻飞虱的越冬情况,提出了这些地方为日本提供稻飞虱虫源的可能性。至此,稻飞虱越海远距离迁飞的假说已成定论。1983—1987年,日本昆虫学者开展了一个全国性的协作项目“长距离移动性害虫的移动预知技术与开发”,阐明了稻飞虱在日本的生理生态特性和发生消长规律,开发了一整套稻飞虱迁飞预警技术;发现了梅雨锋南侧强低空急流(low-level jet stream)对稻飞虱从中国大陆迁入日本的决定性作用,并通过解析低空急流

的发生演化和时空分布来确定稻飞虱的迁入时间和降落范围;还明确了稻飞虱的翅型变化及其地理变异、翅型分化的内分泌机制和遗传特性。寒川一成等人在 19 世纪 80 年代和 90 年代前几年在国际水稻研究所(IRRI)和中国水稻研究所关于水稻品种对白背飞虱的抗性和白背飞虱致害性变化的研究为日本白背飞虱的监测预警提供了有力的支撑。明确了稻飞虱的迁飞特性后,“植物防疫”又出了几次专刊讨论稻飞虱问题。

进入 21 世纪,由日本国家农业研究中心的大塚彰牵头,联合中央农研的渡边朋也、铃木芳人和国家农研机构的松村正哉及日本原子能研究所的古野朗子、茅野政道,合作开发出了稻飞虱实时预警系统。该系统以美国宾夕法尼亚州立大学(PSU)和美国国家大气研究中心(NCAR)联合研制的中尺度数值预报模式 MM5 为基础,通过数值模拟获得实时三维要素场,以此进行稻飞虱迁飞轨迹分析,可回推虫源地和预测迁入区。输出结果或以动画形式显示每 3 小时一次的迹点分布,或以 pdf 格式显示静止的逐次迹点分布图。该系统自 2003 年 6 月启用,几年来为日本有关部门提供了大量高精度的预测图。利用该系统回推了 2008 年 6 月初迁入日本的灰飞虱的虫源地,结果表明这些灰飞虱来自于中国江苏。经检测这些灰飞虱的抗药性,发现与日本本地种群不一致,而与中国江苏种群相同,从而进一步证实了通过数值模拟推测的虫源地。

3 泰国稻飞虱的综合治理

稻飞虱是泰国水稻生产中最重要害虫之一,褐飞虱为稻飞虱的主要种群,其发生区域主要在泰国的东北部、西北部和中部稻区。2005—2007 年,稻飞虱发生面积为 9 865 hm^2 、16 506 hm^2 和 12 839 hm^2 ,分别占全国水稻种植面积的 0.09%、0.15%和 0.12%。受气候、食料等自然条件的影响,稻飞虱在泰国可终年繁殖、取食为害,因此,泰国的稻飞虱虫源以当地虫源为主,由越南随季风

Japanese entomologists carried out a nationwide collaborative project “mobile predict technology and development for long-distance mobility pests” from 1983 to 1987, and clarified physiological and ecological characteristics and population dynamics of rice planthoppers in Japan; a set of planthopper migration warning technology was developed. Strong low-level jet on the south side of Meiyu front was found to play the decisive role in rice planthopper migration from Chinese mainland to Japan, and occurrence and evolution as well as spatial and temporal distribution of low-level jet were analyzed to determine immigration time and landing range of rice planthoppers. Wing type changes and its geographic variation, endocrine mechanism and genetic characteristics of wing dimorphism of rice planthoppers were also cleared.

With mesoscale numerical weather prediction model MM5 jointly developed by Pennsylvania State University (PSU) and the U. S. National Center for Atmospheric Research (NCAR) as the basis, the system obtained real-time three-dimensional element fields by numerical simulation, so as to analyze migration trajectory of rice planthoppers, and push back insect sources and predict immigration zone. Output results displayed trace points once every 3 h with animation, or showed still successive trace point maps with pdf format.

Rice planthopper is one of the most important pests of rice production in Thailand. The major population of planthopper is brown planthopper, and its occurrence areas mainly are northeastern, northwestern and central regions of Thailand.

Due to the impact of natural conditions such as climate and food-stuffs, rice planthoppers in Thailand can reproduce, feed and damage throughout the year. Therefore, the source of rice planthoppers in Thailand is local insect, and insects migrated from Vietnam with monsoon become the supplementary insects in local area.

Rice planthoppers had been the most important pests on rice production in Thailand before 1990s. The occurrence area of rice planthoppers in 1990 had reached 40 billion hm^2 , accounting for about 25% of rice cultivation area, resulting in serious losses of yield.

The occurrence and damage of rice planthoppers sustained at a low level in the past three years, and occurrence area each year were less than 1% of cultivation area. The successful control measures mainly include the following aspects: (1) focus on farmer field school (FFS) training for long term; (2) vigorously promote biological control technology; (3) gradually reduce the use of chemical pesticides year by year.

迁入的虫源成为当地的补充虫源。泰国和越南的初步监测研究证明,越南虫源可迁入泰国,但泰国虫源则不能迁入越南。据推测,在春夏季南方气流的作用下,泰国稻飞虱尤其是北方稻区的褐飞虱能够迁入中国西南稻区,但是否为西南稻区褐飞虱的主要初始虫源,还有待进一步研究。除稻飞虱外,泰国水稻常发病虫害还有蓟马、稻瘟病,杂草是仅次于稻飞虱的水稻主要作物灾害。

20 世纪 90 年代前,稻飞虱曾是泰国水稻生产上最主要的害虫,1990 年发生面积曾达到 400 万 hm^2 ,约占水稻种植面积的 25%,造成产量严重损失。此后,泰国大范围实施水稻病虫害综合治理(IPM),大力推广应用生物防治技术,减少化学农药的使用,稻田生态环境得到逐步恢复和改善,形成稳定的稻田生态系统,2010 年以来,稻飞虱发生为害持续控制在较低水平,每年发生面积均在种植面积的 1%以内,其成功控制的对策主要有以下几方面:

(1)长期注重农民田间学校(FFS)培训。泰国从农业部、省、区域农技中心到基层农民协会,都十分重视 IPM 农民培训,把提高农民的防治决策能力作为稻飞虱综合治理的基础工作来抓,全国 8 000 多个农民生产协会(农民活动中心)都有省里派出的技术人员对稻农进行全生育期技术指导,开展农民培训。培训的主要方式为 FFS(农民田间学校),教育农民识别病虫害和天敌,分析稻田生态系统中天敌对害虫的控制及其相互关系,并作出是否需要喷洒农药的决策。通过 FFS 培训,农民学会了自我调查、自我决策、自我组织防治(不轻易使用化学农药)。泰国在政府和国王基金以及农民协会的资助下,近 15 年来持续不断地坚持举办 FFS,所培训的稻农覆盖了水稻主产区的每一个农村社区,泰国稻农的生态环保意识、综合防治意识以及防治技术水平普遍较高,稻田生态系统得到有效保护。

(2)大力推广生物防治技术。为实现稻飞虱的可持续控制,泰国自上而下特别注重稻田的生态环境保护,大力扶持天敌、生物农药的研究和推广,逐步替代化学农药。近年来,泰国广泛推广应用白僵菌防治稻飞虱,由农业部病虫害防治处、区域病虫害防治中心生产菌剂,无偿提供

给农民。或由农业部、省级植保部门提供提纯复壮菌种,发给 FFS、农民协会自行发酵,供自己和其他村民使用,加快了生物防治技术的应用。泰国各地共有 303 个由农村社区资助的实验室繁育和生产白僵菌,如今在一些社区,白僵菌使用面积已达 20% 以上,起到了对稻飞虱持续控制的效果。此外,泰国还大面积使用苏云金杆菌(Bt)、印楝素防治水稻螟虫、稻纵卷叶螟,增施有机肥控制水稻蓟马。

(3) 逐年削减化学农药使用。泰国稻飞虱治理的主要内容之一就是实施 IPM 策略,通过推广应用生物防治来减少化学农药的使用。在实施 IPM 培训项目和应用生物农药之前,稻飞虱曾给泰国水稻生产造成严重危害,目前,稻飞虱基本控制在较低密度水平,灾害只在小范围发生,大部分地区使用化学农药由 20 年前的每生长季用 20 多次削减到目前的 5~6 次,其中,FFS 培训的农民一般每季使用农药仅 1~2 次(以除草剂和杀菌剂为主),化学农药使用量比未受过培训的农民的化学农药使用量减少 50%,目前许多稻田已基本不用杀虫剂。

泰国稻飞虱治理的经验为:

(1) 长期坚持综合治理。泰国水稻终年种植,稻飞虱终年繁殖,其自然条件更适宜稻飞虱的生存。稻飞虱由 20 世纪 80 年代曾连续多年大暴发,到目前的持续控制,其成功的经验是从国家策略到广大农户的生产实践都长期坚持以生物防治和生态调控为主要内容的综合防治,稻田生态逐步平衡,自然控害能力增强。因此,实施 IPM 策略是改变单纯依赖化学农药、遏制稻飞虱连年暴发势头的根本途径。

(2) 注重农民培训的实效。泰国在 FAO 等国际组织援助和本国项目的支持下,多年来坚持开展以 FFS 为主要形式的水稻 IPM 农民培训,从根本上提高了农民的防治决策能力,并将 FFS 培训与农村社区发展、农民协会、中学生基础教育等结合在一起,作为推广稻飞虱综合治理的主要内容来抓,培训不流于形式,注重实效,培训效果持久。

(3) 优先发展生物防治技术。泰国国家政策优先鼓励应用白僵菌等生物农药防治稻飞虱,推广应用采取政府

The control experience against rice planthoppers in Thailand is shown as follows: (1) persist comprehensive management for long term; (2) focus on the effectiveness of the training of farmers; (3) give priority to development of biological control technology.

资助和农民自行生产相结合的模式,使生物防治技术成为稻飞虱等水稻病虫害防治的首选技术措施,成为减少和替代化学农药的主要技术途径。筛选、繁育、生产,为农民提供天敌和生物制剂是泰国国家农业部、大区、省及区域植保服务人员的一项主要工作,从而加快了生物防治技术的推广应用。

4 越南稻飞虱的综合治理

越南北部红河流域稻区一般 1 年种植 2 季水稻。水稻生育期比我国南方稻区早近 1 个月。稻飞虱 1 年发生 7 代。20 世纪 90 年代初,由于早期防治稻纵卷叶螟用药过多,稻飞虱发生严重。此后,越南大力实施 IPM 策略,近几年稻飞虱的发生为害有所缓解,年均发生面积 50 万~80 万 hm^2 。根据水稻生长情况和气流条件,该地区的稻飞虱存在迁飞现象。越南北部稻区的稻飞虱是我国广东、广西和云南稻区的春季主要虫源。

越南政府在农业和农村发展部设有植保局,并在北部、中部和南部设立了 4 个区域植保站,64 个省设有植保分局和 543 个区级植保站。植保局规定统一的稻飞虱调查规范,过去每 5 天进行水稻病虫调查,最近调整为每 7 天进行 1 次调查,调查数据逐级上报。越南植保局和各省级植保分局通过分析和汇总有关调查点上报的数据,作出趋势预测,编写和发布水稻病虫发生趋势预报。

越南农业部从 1992 年开始实施水稻 IPM 策略,1994 年成立了国家 IPM 指导委员会,主要也是通过水稻 IPM 的 FFS 培训农民。到目前为止,水稻主产区 98% 的社区至少已经举办了 1 个 FFS,培养了 FFS 辅导员 2 726 个、农民辅导员超过 5 500 多个,912 702 户农民。其具体做法:①提高农民对水稻生态系统的认识,特别是通过培训使农民正确认识稻飞虱的生物学习性,严格控制水稻生长前期使用化学农药的种类和次数,以免杀伤天敌,导致后期稻飞虱的猖獗;②利用 FFS,培育农村 IPM 社区,鼓励农民间相互传播和实施 IPM 技术;③结合 FFS

Two seasons of rice are generally planted in Red River Valley rice areas in northern Vietnam, and rice growth stage is nearly a month earlier than southern rice regions of China. Rice planthopper occurs for seven generations each year in Vietnam. Due to excessive application of pesticides to control rice leaf roller in early stage, the occurrence of rice planthopper was serious in early 1990s. Since then, Vietnam had vigorously implemented IPM strategies, and occurrence and damage of rice planthoppers had eased in recent years, with average annual occurrence area of 5–8 billion hm^2 . According to rice growth and airflow conditions, rice planthopper in Vietnam had migratory phenomenon. The rice planthoppers in rice growing regions of northern Vietnam is the major sources of planthoppers in Guangdong, Guangxi and Yunnan rice regions of China in spring.

培训项目,政府大力支持和实施水稻“三增三减”项目,即减少化学农药、化肥和种子用量(种植密度)和增加水稻分蘖、产量和收益。越南农业部已将该项目列为发展水稻生产国策;④制定 IPM 国家政策,2006 年将 IPM 列入国家农业发展 10 年规划中,并列入国家的植保法规中,作为植物保护工作的总体策略。通过实施水稻 IPM,成效显著。据越南 12 个水稻主产省调查,用种量平均减少了 60%~70%,农药使用量减少 80%,化肥用量基本持平或略有减少,产量增加 10%~20%,农民种植水稻收入得到显著增加。

5 中国的稻飞虱问题

中国的稻飞虱在 1966 年之前只是局地偶发性害虫,之后在热带稻区先期暴发的稻飞虱随着西南季风到达了东亚大陆,并在 1966 和 1969 年形成了中、日两国的全国性大发生,随后是连年猖獗,到 1973 年再次出现全国性大暴发,甚至东北的吉林通化稻区也出现空前的高密度种群,飞虱的尸体甚至堵住了稻田的进水口。从 1973 年开始,中国病虫测报防治系统逐步建设成网;1977 年,先后成立了褐飞虱和白背飞虱的全国性科研协作组,经过科教推广部门 2 年的通力协作和全面攻关,明确了稻飞虱迁飞的基本规律。此后,经过从“六五”开始的连续几个五年计划的科技攻关,全国各稻区的稻飞虱综合防治体系已基本建成。

此后的 30 年里,我国全力以赴围剿稻飞虱,稻飞虱虽几起几落,但终归是种群越来越大,为害越来越重。到了 2005—2007 年,稻飞虱攻击的波次空前密集且一波高过一波。从 2008 年开始,热带稻区也再次告急,越南、泰国、缅甸、印尼、马来西亚的褐飞虱持续暴发,白背飞虱传播的南方水稻黑条矮缩病在中国、越南北部和中部大流行。国内外的水稻昆虫学者们发现稻田生态系统的退化和生态系统自我调节功能的丧失造成了飞虱的连年猖獗,走生态治理之路才是解决稻飞虱问题的正

Vietnamese Ministry of Agriculture started to implement rice IPM strategy in 1992, and National IPM Steering Committee was established in 1994, which also trained farmers by rice IPM and FFS.

The implementation of rice IPM has achieved remarkable results. According to surveys in 12 main rice producing provinces in Vietnam, the seed quantity is averagely reduced by 60%–70% per 667 m² and pesticide application is reduced by 80%; the fertilizer usage is essentially flat or slightly decreased; the yield is increased by 10%–20%, and income of farmers by planting rice is significantly increased.

Rice planthoppers in China belonged to sporadic local pests before 1966, but soon rice planthopper broken out earlier in tropical rice growing regions reached the majority of the East Asian continent with the southwest monsoon; they formed nationwide outbreaks in China and Japan in 1966 and 1969, with sustained occurrence in the successive years, and formed national outbreak again in 1973.