应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2011,48(5):1184—1193

稻飞虱专栏

稻飞虱:国际视野下的中国问题*

翟保平**

(南京农业大学昆虫学系 南京 210095)

摘 要 稻飞虱对日本水稻的危害已有数百年历史,日本人对稻飞虱的研究也超过了一个世纪,而国际水稻研究所(IRRI)在热带稻区为治理稻飞虱也已努力了近40年。本文综述了日本、国际水稻研究所(IRRI)对稻飞虱的研究与治理,提出了我国稻飞虱研究的发展方向。作者认为,稻飞虱的问题首先是个国际问题,我们的虫源在境外,因此必须走出国门掌握一手虫情;同时需要逐步扩大国际合作,尽早转变思路,以国际眼光研究和解决中国的飞虱问题。

关键词 稻飞虱,中国问题,国际视野

Rice planthoppers: A China problem under the international perspectives

ZHAI Bao-Ping**

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

Abstract Rice in Japan has been damaged by rice planthoppers since about AD 700 and the Japanese have studied these pests for more than a hundred years. Meanwhile, rice entomologists and ecologists from the International Rice Research Institute (IRRI) have applied ecological approaches to hopper suppression for nearly 40 years. Rice planthoppers are clearly an international problem; because hopper source populations are on the Indo - Chinese Peninsular we need to go abroad to collect first - hand data and cooperate with source countries such as Vietnam, Laos, Myanmar and Thailand. However, the rice planthopper problem is also a local Chinese problem and our specific local conditions require us to explore the ecological management of the ricehoppers by ourselves. Ultimately, the solution to the rice planthopper problem in China will have to be a local one. Achieving this goal requires us to change the current research paradigm to investigate and resolve rice planthopper problems in China under local condition while keeping an international perspective.

Key words rice planthoppers, China problem, international perspectives

水稻是世界上约一半人口的主粮,世界上约有7.5亿贫民以稻米为生,而且每年还会增加大约5 000万人口的稻米消费者。还不仅如此。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(叶磊和惠富平,2011)。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。

稻飞虱,包括褐飞虱 *Nilaparvata lugens* (Stål)、白背飞虱 *Sogatella furcifera* (Horváth) 和灰飞虱 *Laodeobhax striatellus* (Fallén),除了自身对水稻的危害,它们传播的5种病毒病(水稻草状矮化病(rice grassy stunt Tenuivirus, RGSV)、水稻齿叶矮化病(rice ragged stunt Oryzavirus, RRSV)、水稻条纹叶枯病(rice stripe virus, RSV)、水稻黑条矮缩病(rice black streaked-dwarf virus, RBSDV)、

* 资助基金:国家973项目(2010CB126201)、国家自然科学基金项目(30871602)、农业公益性行业科研专项(200903051)、国家水稻产业技术体系建设专项(nycytx-001)

**E-mail: bpzhai@njau.edu.cn

收稿日期:2011-09-10,接受日期:2011-09-18

南方水稻黑条矮缩病(southern rice black-streaked dwarf virus, SRBSDV))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 Bottrell 教授将其称之为"the ghost of green revolutions"(Bottrell, 2011)。的确,稻飞虱的崛起是所谓"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,从此整个热带亚洲烽火遍地,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。本文综述了日本、国际水稻研究所(IRRI)对稻飞虱的研究与治理,提出了我国稻飞虱研究的发展方向。

1　日本的稻飞虱研究

日本受稻飞虱危害的历史久远,稻飞虱的暴发史书中也多有记载(上田勇五, 1955);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(Kuno, 1963; 寒川一成, 1965, 1970a, 1970b, 1970c, 1971a, 1971b, 1972; 岸本良一, 1967; Sōgawa, 1967, 1968a, 1968b; Kuno and Hokyo, 1970; 大久保宣雄和岸本良一, 1971; 大久保宣雄, 1973; 片山栄助, 1975)。早在 1956 年,岸本良一(Kisimoto Ryôiti)就在 Nature 上发表了关于稻飞虱翅型分化的研究结果(Kisimoto, 1956; 岸本良一, 1959c);2 年后,岸本良一(1958, 1959a, 1959b)又发表了对稻飞虱滞育和休眠的系列研究报道,此后又有灰飞虱获毒能力的研究报告(Kisimoto, 1967)。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(岸本良一, 1966, 1967; Sōgawa, 1970, 1982; 湯嶋健等, 1973; 深谷昌次和桐谷圭治, 1973),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(岸本良一, 1966, 1967, 1972)。

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(朝比奈正二郎和鹤岡保明, 1968)。1968 年,岸本良一在气象观测船上安装了 3 个大型捕虫网(岸本良一, 1972),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 4 462 头、褐飞虱 1 893 头(朝比奈正二郎和鹤岡保明, 1969, 1970; 岸本良一, 1975)。岸本良一分析了海上大规模见虫时的气象条件,明确了梅雨锋、低压移动等是出现稻飞虱大量迁入日本的前提条件(Kisimoto, 1971, 1976; 岸本良一, 1975)。1972 年 1 月至 4 月间,岸本良一又到台湾、香港和菲律宾等地调查了稻飞虱的越冬情况,明确了这些地方为日本提供稻飞虱虫源的可能性(岸本良一, 1973, 1983)。至此,稻飞虱越海远距离迁飞的假说已成定论。

从 1983 年到 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(農林水産省農林水産技術会議事務局, 1989);发现了梅雨锋南侧强低空急流对稻飞虱从中国大陆迁入日本的决定性作用(Seino *et al.*, 1987),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(Watanabe and Seino, 1991);另外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(Nagata and Masuda, 1980; Iwanaga *et al.*, 1985; Iwanaga and Tojo, 1986; Morooka and Tojo, 1992)。寒川一成等人在 19 世纪 80 年代和 90 年代前几年在 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(寒川一成, 1992a, 1992b, 1993; Tanaka and Matsumura, 2000)。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(寒川一成, 1979, 1992a, 1992b; 大塚彰等, 2007; 渡邊朋也等, 2007)

进入 21 世纪,由日本国家农业研究中心的大塚彰牵头,联合中央农研的渡邊朋也、鈴木芳人和国家農研機構的松村正哉及日本原子能研究所的古野朗子、茅野政道,合作开发出一个稻飞虱实时

预警系统——“ウンカのリアルタイム飛来予測”(http://agri.narc.affrc.go.jp/indexj.html)。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 h 一次的迹点分布,或以 pdf 格式显示静止的逐次迹点分布图(Furuno *et al.*, 2005; Otuka *et al.*, 2005a,2005b, 2006; 大塚彰等,2005)。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(Otuka *et al.*, 2010)。

2 国际水稻研究所(IRRI)对稻飞虱的生态治理

与日本和中国持续的大规模全国性协作研究和建有系统的技术推广网络不同,稻飞虱的源地——南亚和东南亚国家的热带稻区却因战乱或因经济不发达而缺乏基本的研究储备和数据积累。但国际水稻研究所(IRRI)坚韧不拔地推动着实验着它的理念。

创立于 1960 年 IRRI,也是绿色革命的始作俑者之一。60 年代中期,IRRI 培育出第一个半矮秆品种 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(IRRI,1979)。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 高访)——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。这时候中国的国门尚未打开,稻飞虱的研究队伍正在集结,所以此次会上中国大陆一片空白。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“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 d 内尽量不用药),从而逐步恢复稻田生态系统的服务功能,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(Schoenly *et al.*, 1996a; Heong and Escalada, 1997, 1999; Heong *et al.*, 1998b, 2008, 2010)。联合国粮农组织、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(Heong *et al.*, 1995a,1995b; Heong and Escalada, 1998a; Heong and Schoenly, 1998c; Heong and Hardy, 2009; Schoenly *et al.*, 1996b; 程家安等,2008)。为此,IRRI 在 2008 年又启动了另一个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、恢复稻田生态系统服务功能的各种技术。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)基础调查活动,试图将能力建设和调查的结果用于寻找农户 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(Escalada, 2010; Heong *et al.*, 2010)。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(Escalada, 2010)。2010 年又在海南岛设点开展生物多样性保护的试验示范区。IRRI 还在 2008 年开通了一个专业网站(http://ricehoppers.net/),报道有关稻飞虱的最新信息。

2008 年,IRRI 在 Los Baños 召开了第 2 次稻飞虱国际研讨会,88 位代表出席了会议,探索稻飞虱可持续治理对策的新途径。与会者中 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 4 人,韩国、马来西亚、柬埔寨和 FAO 各 3 人,孟加拉、印尼、老挝和美国各 2 人,新加坡、台湾和澳大利亚各 1 人。此次会议将研讨的目标害虫扩展到褐飞虱、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(博士)介绍了中国稻飞虱的发生态势,浙江省农科院吕仲贤研究员(博士)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(Heong and Hardy, 2009)。

3　我国的稻飞虱问题

中国的稻飞虱在 1966 年之前只是一个局地偶发性害虫,但很快热带稻区先期暴发的稻飞虱就随着西南季风到达了广大的东亚大陆,并在 1966 和 1969 年形成了中、日两国的全国性大发生,之后便是连年烽烟,到 1973 年再次出现全国性大暴发(胡国文等,1997; 程遐年等,2003),甚至地处东北的吉林通化稻区竟也出现空前绝后的高密度种群,飞虱的尸体甚至堵住了稻田的进水口(张富满,私人通信)。从 1973 年开始,全国病虫测报防治系统逐步建设成网; 1977 年,国内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(程遐年等,1979; 全国白背飞虱科研协作组, 1981)。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(杜正文等,1986; 李汝铎等,1996; 程遐年等,2003),虽然至今仍问题多多(翟保平和程家安, 2006)。

此后的 30 年里,我国全力以赴穷尽各种手段围剿稻飞虱,稻飞虱虽几起几落,但终归是种群越来越大,危害越来越重。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。为什么稻飞虱越治越多? 为什么我们成了"hopper maker"? 其实,国内国外的水稻昆虫学者们早已明白,是稻田生态系统的退化和生态系统服务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途(Way and Heong, 1994; 翟保平和程家安, 2006; 程家安和祝增荣, 2006; 程家安等,2008; Heong and Hardy, 2009)。2006 年,中国政府提出了"公共植保、绿色植保"的新植保方针,为解决稻飞虱问题奠定了良好的基础(夏敬源, 2010)。

显然,稻飞虱是源自热带稻区为害整个亚洲的国际性害虫,只有立于区域尺度之上鸟瞰其迁飞过程,才能理解其种群分布的格局和数量变化的宏观机制。但说到我国稻飞虱的发生演化,却是个地地道道的中国问题。在我国独特的地理气候条件和地面资源配置状况的大背景下,它的虫源问题、异地预测问题、大发生种群的形成与崩溃问题、防治问题等,既不同于地处温带的日本、韩国,更不同于位于热带的中南半岛诸国,即使国内几个大区的发生规律也有相当的差异。因此,无论是稻飞虱的研究还是治理都必须从中国的实际出发,以中国问题为导向,以解决问题为目标,重点研究以下 3 个的问题。

3.1　稻飞虱虫源性质

日本、韩国的虫源来自我国南方稻区,而我国稻飞虱的早期迁入出现在 3 ~ 4 月份,主迁峰在 5 月中下旬,故境外虫源只能是 3 ~ 5 月份来自中南半岛的迁入种群。而此期正值中南半岛的旱季,灌溉水源和水利设施的有无决定了能否种植旱季水稻,从而决定了我国稻飞虱虫源区的分布。中南半岛旱季冬春稻主要分布在 20°N 以南有灌溉条件且海拔 600 m 以下的地区,即能满足其水热等生长条件的地方。而只有这些地方才有可能为我国提供稻飞虱的早期迁入虫源。据此分析,越南地处热带和亚热带季风区,河渠纵横,水利设施完善,旱季雨季的影响不明显,每年自南到北有三季或两季水稻种植。在老挝万象平原,因建有南俄河水库,周边种有大面积稻田。同样,在湄公河西岸的沙耶武里省北部,也有一定面积的水稻种植,而老挝中部和北部及川圹、会芬两大高原由于水热条件限制则鲜有旱季水稻。泰国的湄南河流域覆盖了泰北泰中整个水稻产区,水源丰富,灌溉

设施齐全;尤其是近年来泰国政府又在泰北和泰东北修建了几座大型水库,其周边便有大面积水稻种植,而没有水库或水利设施的地方则无法种稻。缅甸本部平原有着悠久的水利设施建设和灌溉传统,现政府也对水利极其重视,故其旱季稻面积逐年增加,现已有约 200 万 hm^2 的旱季稻种植。

2008 年以来,南京农业大学、中国农科院植保所、中国水稻研究所、浙江大学等诸多单位通过 4 年十余次的联合考察,初步明确了华南稻区(包括哀牢山以东的滇东南稻区)的早期迁入虫源来自越南中部(16°~20°N)和老挝万象平原(18°~20°N,包括湄公河两侧的万象省和沙耶武里省)、少量来自泰东北(即呵叻高原,16°~18°N)的旱季灌溉冬春稻区;主迁峰虫源来自越南北方稻区(红河三角洲),越南北方山地稻区与我国广西是同源区。云南的早期迁入虫源主要来自缅甸本部平原与掸邦高原的旱季灌溉稻区(约 200 万 hm^2 旱季稻,主要分布在伊洛瓦底江平原,尤其是实皆、曼德勒和伊洛瓦底 3 省),部分来自泰北(清迈高原,包括清迈、清莱、帕尧、帕府、程逸诸省),少量来自泰东北。泰国的白背飞虱主要集中在泰北,即 18°N 以北。褐飞虱则出现在 16°N 以南,16°~18°N 之间是褐白混发区。泰国中部稻区和越南南方稻区(湄公河三角洲)虽有极大量的稻飞虱种群,但因缺乏合适的风场而无法为我国提供直接虫源,而其后代或有可能经由泰国中部和东北部及老挝中部辗转进入红河三角洲稻区并最终成为我国稻飞虱迁入种群的间接虫源。菲律宾为我国提供虫源的概率极低,只在恰有合适的台风过境时能为福建提供部分稻飞虱迁入虫源。福建的早期迁入虫源主要来自广东和海南稻区,与境外虫源鲜有直接交流(沈慧梅,2010;沈慧梅等,2011a)。这些还都是些概念性的描述,进一步细化境外虫源的时空分布及其对国内种群动态的影响,是近期一项相当紧迫的工作。

3.2 稻飞虱大发生种群的形成机制

与热带稻区截然不同的是,虽然当地的稻作制度和栽培方式及气候条件可使稻飞虱的增殖代和主害代数量倍增,但虫源基数也即迁入量是大发生种群形成的基本要素。迁入量的多少则取决于境外虫源的种群规模和西南低空急流的强弱及空中虫群在特殊天气过程中的集聚效应,而在某地形成的大规模集中降落也是不同尺度下的大气结构和运动交汇互作的结果,虫源地、天气过程和地理条件三者共同决定了稻飞虱迁入峰的有无和落虫量的大小(胡高等,2007;赵悦等,2011a,2011b)。一般来讲,虫源区北上种群的落点基本上沿山势地势分布,位于两山之间的谷地或迎风坡下;稻飞虱上灯虫量较大的站点(>1 000)一般都处于迎风坡或河谷廊道中,因受地形胁迫或迎风坡降水而迫降。如粤北主迁峰是雷州和粤西南稻区的虫源随西南气流进入粤西山系(罗壳山、大东山、瑶山)东麓下的谷地和平原稻区,而桂南虫源北上的路线基本上是随西南气流经大瑶山-大桂山走廊入湘桂走廊或随西南气流经中部平原入湘桂走廊或随东南气流进入桂西北的山间谷地,此时若遇大范围降水或强降水,则稻飞虱无法穿越雨区而降落在雨区的南缘(齐国君等,2011;王政等,2011)。云南稻飞虱早春迁入期的大部分迁入过程中并无降水,但风切变与低温屏障几乎存在于每一次降落过程。受低温屏障的影响,降虫区位于飞行低温阈值(16℃)等值线西侧和南侧的相对高温区。因此,温度是云南白背飞虱春季迁入的限制因子。我国西部的大气环流系统、季风影响以及地形等都与东部地区差异极大,所以自有其特殊之处。云南因为地理位置以及气候关系,稻飞虱迁入峰出现时间较早,因此受到温度影响的程度较大,这是云南白背飞虱降虫机制中有别于东部其他省份的主要方面(沈慧梅等,2011b)。日本、韩国稻飞虱的发生则要简单得多,其前提是有无强劲西南低空急流的存在,无此便不可能出现越海迁入事件(Seino *et al.*, 1987; Watanabe and Seino, 1991; Sogawa *et al.*, 1999; Zhu *et al.*, 2000; Otuka *et al.*, 2005a, 2005b, 2006, 2010)。因此,对稻飞虱降落机制的研究是独具中国特色的中国问题,需要更多跨学科的学人加入其中,以期阐明稻飞虱种群大规模集中降落的天气学背景和大气动力学机制。

3.3 稻飞虱生态治理对策

经过 IRRI 近 40 年的努力,生态治理的理念已深入人心,生态工程的建设也紧锣密鼓有声有色。国内昆虫学界和植保学界对此基本接受,但有所保留,因为中国问题自有热带稻区所不存在的棘手问题。首先,中国的稻区除华南稻区外,基

本上很少有非稻田生境,这使得 IRRI 那套理论和实践在这样的环境中很难实现。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,不得不对稻田生态系统实行高强度高频次的外部投入和人工干预,这恰恰与 IRRI 的理念相悖,虽然我们也把"公共植保、绿色植保"定为新的植保方针。再次,因为文化传统和社会运作机制的天壤之别,IRRI 推行的那套"过家家"式的"communication"在中国农村绝无市场,如所谓的"IPM 肥皂剧"、幼稚园水平的卡通宣传画等,很难被当代中国的新一代农民所接受(Heong *et al.*, 2008; Escalada, 2010)。有鉴于此,中国的水稻昆虫学者和植保技术推广部门如何在中国开展生态工程实现生态治理,是一项值得仔细斟酌通盘考虑的大工程和精细活儿。在国内现有的两个生态工程试点中,浙江金华做得相当成功,当然也相当艰难,眼下就因劳力成本的剧增而面临巨大的困难。所以,听起来很美看起来漂亮的生态工程在中国大陆究竟能走多远还难有定论。但可以肯定的是,中国的水稻昆虫学者和植保技术推广部门必将根据国情用合适的方法走一条中国自己的生态治理之路。

其实,在生态治理的问题上,日本人的态度值得借鉴。在 IRRI 召开的各种会议上,几乎都有日本人的身影。但无论 IRRI 的鼓点怎么急,日本人都是不动声色,只管做报告宣讲自己的研究成果,却并不参与具体项目。但日本政府往往是项目的资助者之一。他们是以自己的经济实力和科研实力来扩大对南亚和东南亚的影响,但自己的事情自己做,不受外来观念的影响。这多年来,很少听到日本人高调搞什么生态工程,但其植物防疫、生态治理却处处高人一筹,研究工作坚实厚重,这是非常值得我们虚心学习的。而韩国人却不但积极参与,还主动张罗,以韩国出资做东组织项目,邀中国人参加,拉南亚和东南亚还有非洲拉美参加,极尽其能造势扩大影响。2011 年 4 月 26—28 日在韩国水原召开的"稻飞虱及其所传病毒病治理的亚洲协作网研讨会",其主题是建立一个可持续的稻飞虱及其所传病毒病治理的多边协作网。同时,通过研讨,希望能为资源短缺的亚洲国家提供将稻飞虱化防用药水平降到阈限之下的战略基础和行动能力。

总之,稻飞虱的问题首先是个国际问题,我们的虫源在境外,因此必须走出国门掌握一手虫情,同时需要逐步扩大国际合作,尤其是和直接为我们提供虫源的国家合作。但同时,稻飞虱的问题又是个地道的中国问题,要靠我们自己去解决。这要求我们尽早转变思路,与相关国家交流合作,以国际眼光研究中国问题。

参考文献(References)

岸本良一, 1958. ウンカ類の休眠に関する研究: I. ヒメトビウンカの4 令幼虫における休眠の誘起および消去におよぼす日長効果. 日本応用動物昆虫学会誌, 2(2): 128—134, 195.

岸本良一, 1959a. ウンカ類の休眠に関する研究: II. ツマグロヨコバイの幼虫発育に及ぼす日長と温度の作用. 日本応用動物昆虫学会誌, 3(1), 49—55.

岸本良一, 1959b. ウンカ類の休眠に関する研究: III. ツマグロヨコバイ幼虫各令の日長作用に対する感受性とそれから羽化した成虫の型について. 日本応用動物昆虫学会誌, 3(3), 200—207.

岸本良一, 1959c. トビイロウンカにおける長翅型, 短翅型の決定時期について: ウンカ類の翅型に関する研究 IV. 日本生態学会誌, 9(2): 94—97.

岸本良一, 1966. ヒメトビウンカの生態と防除. 植物防疫(イネのウイルス病(特集)), 20(3): 126—130.

岸本良一, 1967. ウンカの翅型と個体群動態. 植物防疫(相変異(特集)), 21(6): 255—258.

岸本良一, 1972. ウンカ類の長距離移動. 植物防疫(昆虫の移動 特集), 26(8): 303—306, 312—318.

岸本良一, 1973. セジロウンカ, トビイロウンカ長距離移動個体の飛来源の探索. 日本応用動物昆虫学会大会講演要旨, (17): 49.

岸本良一, 1975. ウンカ海を渡る. 东京: 中央公论社. 1—233.

岸本良一, 1983. ウンカ類の長距離移動. 三重大學農學部學術報告. 17—29.

Bottrell D, 2011. Resurrecting the ghost of the green revolutions past: The rice brown planthopper as a recurring threat to high yielding rice production in tropical Asia. // RDA-AFACI, Proceedings of the International Workshop on the Collaboration Network for Migratory Rice Planthoppers and Associated Virus Diseases of Rice in Asia. Suwon, Korea, 26—28 April, 2011. 40—85.

朝比奈正二郎, 鶴岡保明, 1968. 南方定点観測船に飛来した昆虫類 第 2 報. 昆虫, 36(2): 190—202.

朝比奈正二郎, 鶴岡保明, 1969. 南方定点観測船に飛来した昆虫類 第 3 報. 昆虫, 37(3), 290—304.

朝比奈正二郎，鶴岡保明，1970. 南方定点観測船に飛来した昆虫類 第5報. 昆虫，38(4)，318—330.

程家安，祝增荣，2006. 2005年长江流域稻区褐飞虱暴发成灾原因分析. 植物保护，32(4)：1—4.

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.

程遐年，陈若篪，习学，杨联民，朱子龙，吴进才，钱仁贵，杨金生，1979. 稻褐飞虱迁飞规律的研究. 昆虫学报，22(1)：1—21.

程遐年，吴进才，马飞，2003. 褐飞虱防治与研究. 北京：中国农业出版社. 25—37.

大久保宣雄，1973. 宙吊り飛しょう法によるウンカ類飛しょうの実験的研究. 日本応用動物昆虫学会誌，17：10—18.

大久保宣雄，岸本良一，1971. トビイロウンカ第4，5回成虫期の飛しょう行動の日周期性. 日本応用動物昆虫学会誌，15(1)：8—16.

大塚彰，渡邊朋也，鈴木芳人，松村正哉，2005. 梅雨時期に九州に飛来するセジロウンカの飛来源推定. 日本応用動物昆虫学会誌，49(4)：187—194.

大塚彰，松村正哉，渡邊朋也，2007. 海外におけるイネウンカ類の近年の発生状況. 植物防疫(ミニ特集：イネウンカ類)，61(5)：249—253.

渡邊朋也，松村正哉，大塚彰，2007. トビイロウンカの近年の発生状況と多発生要因. 植物防疫(ミニ特集：イネウンカ類)，61(5)：245—248.

杜正文，朱绍先，蒋文烈，雷惠质，吴成德，蒋书楠，1986. 我国五大稻区水稻病虫害综合防治的系统对策. 中国农业科学，19(5)：65—70.

Drake VA，Farrow RA，1988. The influence of atmospheric structure and motions on insect migration. *Annu. Rev. Entomol.*，33：183—210.

Escalada M，2010. Communication Strategy Planning and Message Design Workshop. Jinhua，China. 18—20 May，2010. IRRI Workshop Report. 1—11.

Furuno A，Chino M，Otuka A，Watanabe T，Matsumura M，Suzuki Y，2005. Development of a numerical simulation model for long-range migration of rice planthoppers. *Agricultural and Forest Meteorology*，133：197—209.

寒川一成，1965. 稲ウンカ. ヨコバイ類の唾腺に関する研究：第1報 形態と組織構造. 日本応用動物昆虫学会誌，9(4)：275—290.

寒川一成，1968. ウンカ. ヨコバイ類の唾液の構造と機能. 植物防疫，22(7)：302—305.

寒川一成，1970a. トビイロウンカの吸汁におよぼすアスパラギンの効果. 日本応用動物昆虫学会誌，14(2)：107.

寒川一成，1970b. トビイロウンカの吸汁習性に関する研究：第1報 窒素欠乏水稲での吸汁. 日本応用動物昆虫学会誌，14(2)：101—106.

寒川一成，1970c. トビイロウンカの吸汁習性に関する研究：第2報 甘露泄排からみた吸汁習性. 日本応用動物昆虫学会誌，14(3)：134—139.

寒川一成，1971a. ウンカ. ヨコバイ類の唾腺に関する研究：第5報 口針鞘形成機構. 日本応用動物昆虫学会誌，15(3)：132—138.

寒川一成，1971b. トビイロウンカの吸害による水稲葉身部の含有成分の変動. 日本応用動物昆虫学会誌，15(4)：175—179.

寒川一成，1972. トビイロウンカの吸汁習性に関する研究：第3報 吸汁活動におよぼすアミノ酸およびその他の物質の効果汁. 日本応用動物昆虫学会誌，16(1)：1—7.

寒川一成，1979. トビイロウンカの吸汁習性とイネの抵抗性. 植物防疫(ウンカ? ヨコバイ類〈特集〉)，33(5)：187—192.

寒川一成，1992a. イネウンカの発生生態にかかわる最近の問題. 植物防疫(イネウンカ類〈特集号〉)，46(6)：183—186.

寒川一成，1992b. わが国へ飛来するトビイロウンカのバイオタイプ形質の変化とその飛来源地帯の推定. 九州病害虫研究会報，(38)：63—68.

寒川一成，1993. トビイロウンカのバイオタイプ変異とモンス—ン移動個体群の移出源の推定. 植物防疫，47(6)：256—260.

Heong KL，Teng PS，Moody K，1995a. Managing rice pests with less chemicals. *Geojournal*，35(3)：337—349.

Heong KL，Escalada MM，Lazaro AA，1995b. Misuse of pesticides among rice farmers in Leyte，Philippines//Pingali PL，Roger PA (eds.). Impact of Pesticides on Farmer Health and the Rice Environment. Kluwer Academic Publishers，USA. 97—110.

Heong KL，Escalada MM，1997. Perception change in rice pest management：A case study of farmers' evaluation of conflict information. *Journal of Applied Communications*，81(2)：3—17.

Heong KL，Escalada MM，1998a. Pest Management of Rice Farmers in Asia. IRRI，Los Baños，Philippines. 1—245.

Heong KL，Escalada MM，Huan NH，Mai V，1998b. Use of communication media in changing rice farmers' pest management in the Mekong Delta，Vietnam. *Crop Protection*，17(5)：413—425.

Heong KL，Schoenly KG，1998c. Impact of insecticides on herbivore-natural enemy communities in tropical rice

ecosystems // Haskell PT, McEwen P (eds.). Ecotoxicology: Pesticides and Beneficial Organisms. Chapman and Hall, London. 381—403.

Heong KL, Escalada MM, 1999. Quantifying rice farmers' pest management decisions-Beliefs and subjective norms in stem borer control. *Crop Protection*, 18(5): 315—322.

Heong KL, Escalada MM, Huan NH, KyBa VH, Thiet LV, Chien HV, 2008. Entertainment-Education and rice pest management: A radio soap opera in Vietnam. *Crop Protection*, 27(10): 1392—1397.

Heong KL, Hardy B, 2009. Planthoppers-New Threats to the Sustainability of Intensive Rice Production Systems in Asia. IRRI, Los Baños, Philippines. 1—460.

Heong KL, Escalada MM, Huan NH, Chien HV, Quynh PV, 2010. Scaling out communication to rural farmers - Lessons from the "Three Reductions, Three Gains" campaign in Vietnam// Palis F, Singleton G, Casimero M (eds.). Research to Impact: Case Studies for Natural Resources Management of Irrigated Rice in Asia. IRRI, Loa Baños, Philippines. 1—460.

胡高，包云轩，王建强，翟保平，2007. **褐飞虱的降落机制. 生态学报**，27(12): 5068—5075.

胡国文，唐启义，马巨法，唐健，朱敏，1997. **中国褐飞虱的分布和为害. 昆虫知识**，34(1): 50—51.

IRRI, 1979. Brown Planthopper: Threat to Rice Production in Asia. Los Baños, Laguna, Philippines. 1—460.

Iwanaga K, Tojo S, Nagata T, 1985. Immigration of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, exhibiting various responses to density in relation to wing morphism. *Entomol. Exp. Appl.*, 38(2): 101—108.

Iwanaga K, Tojo S, 1986. Effects of juvenile hormone and rearing density on wing dimorphism and oöcyte development in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *J. Insect Physiol.*, 32(6): 585—590.

Kisimoto R, 1956. Effect of crowding during the larval period on the determination of the wing-form of an adult planthopper. *Nature*, 178: 641—642.

Kisimoto R, 1971. Long distance migration of planthoppers, *Sogatella furcifera* and *Nilaparvata lugens*. *Tropical Agriculture Research Ser.*, 5: 201—216.

Kisimoto R, 1967. Genetic variation in the ability of a planthopper vector; *Laodelphax striatellus* (Fallén) to acquire the rice stripe virus. *Virology*, 32(1): 144—152.

Kisimoto R, 1976. Synoptic weather conditions inducing long-distance immigration of planthoppers, *Sogatella furcifera* Horváth and *Nilaparvata lugens* (Stål). *Ecological Entomology*, 1: 95—109.

Kisimoto R, 1989. Flexible diapause response to photoperiod of a laboratory selected line in the small brown planthopper, *Laodelphax striatellus* (Fallén). *Appl. Entomol. Zool.*, 1989, 24(1): 157—159.

Kuno E, 1963. A comparative analysis on the distribution of nymphal populations of some leaf-and planthoppers on rice plant. *Researches on Population Ecology*, 5(1): 31—43.

Kuno E, Hokyo N, 1970. Comparative analysis of the population dynamics of rice leafhoppers, *Nephotettix cincticeps* Uhler and *Nilaparvata lugens* (Stål), with special reference to natural regulation of their numbers. *Researches on Population Ecology*, 12(2): 154—184.

李汝铎，丁锦华，胡国文，苏德明，1996. **褐飞虱及其种群管理. 上海: 复旦大学出版社**. 1—334.

Nagata T, Masuda T, 1980. Insecticide susceptibility and wingform ratios of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) and the white backed planthopper, *Sogatella furcifera* (Horváth), of southeast Asia. *Appl. Entomol. Zool.*, 15(1): 10—19.

Morooka S, Tojo S, 1992. Maintenance and selection of strains exhibiting specific wing form and body colour under high density conditions in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). *Appl. Entomol. Zool.*, 27(4): 445—454.

農林水産省農林水産技術会議事務局，1989. **長距離移動性害虫の移動予知技術の開発. 研究成果シリーズ**217. 171.

Otuka A, Dudhia J, Watanabe T, Furuno A, 2005a. A new trajectory analysis method for migratory planthoppers, *Sogatella furcifera* (Horváth) and *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae). *Agricultural and Forest Entomology*, 7(1): 1—9.

Otuka A, Matsumura M, Sanada-Morimura S, Takeuchi H, Watanabe T, Ohtsu R, Inoue H, 2010. The 2008 overseas mass migration of the small brown planthopper, *Laodelphax striatellus*, and subsequent outbreak of rice stripe disease in western Japan. *Appl. Entomol. Zool.*, 45 (2): 259—266.

Otuka A, Watanabe T, Suzuki Y, Matsumura M, Furuno A, Chino M, 2005b. Real-time prediction system for migration of rice planthoppers *Sogatella furcifera* (Horváth) and *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae). *Appl. Entomol. Zool.*, 40(2): 221—229.

Otuka A, Watanabe T, Suzuki Y, Matsumura M, Furuno A, Chino M, Kondo T, Kamimuro T, 2006. A migration analysis of *Sogatella furcifera* (Horváth) (Homoptera: Delphacidae) using hourly catches and a three dimensional simulation model. *Agricultural and Forest Entomology*, 8

(1):35—47.

片山栄助，1975. 稲のウンカ類およびツマグロヨコバイの卵巣発育と交尾との関係. 日本応用動物昆虫学会誌，19(3):176—181.

齐国君，谢茂昌，梁载林，张孝羲，程遐年，翟保平，2011. 2008 年桂北地区稻飞虱特大迁入事件分析. 应用昆虫学报，48(5):1260—1267.

全国白背飞虱科研协作组，1981. 白背飞虱迁飞规律的初步研究. 中国农业科学，14(5):25—30.

Schoenly KG, Cohen JE, Heong KL, Arida GS, Barrion AT, Litsinger JA, 1996a. Quantifying the impact of insecticides on food web structure of rice – arthropod populations in a Philippine farmer's irrigated field: a case study//Polis GA and Winemiller KO (eds.). Food Webs: Integration of Patterns and Dynamics. Chapman & Hall, New York. 343—351.

Schoenly KG, Cohen JE, Heong KL, Litsinger JA, Aquino GB, Barrion AT, Arida G, 1996b. Food web dynamics of irrigated rice fields at five elevations in Luzon, Philippines. *Bull. Entomol. Res.*, 86(4):451—466.

Seino HY, Shiotuki S, Oya S, Hirai H, 1987. Prediction of long distance migration of rice planthoppers to northern Kyushu considering low-level jet stream. *Journal of Agricultural Meteorology*, 43(3):203—208.

上田勇五，1955. 新潟県におけるウンカ類の大発生. 植物防疫，9:481—495.

沈慧梅，2010. 我国褐飞虱与白背飞虱的境外虫源研究. 博士学位论文. 南京: 南京农业大学.

沈慧梅，孔丽萍，章霜红，张孝羲，翟保平，2011a. 福建省白背飞虱前期迁入虫源分析. 昆虫学报，51(6):701—713.

沈慧梅，吕建平，周金玉，张孝羲，翟保平，2011b. 2009 年云南白背飞虱早期迁入虫源及降落机制分析. 生态学报，31(15):4350—4364.

Sōgawa K, 1967. Studies on the salivary glands of rice plant leafhoppers. II. Origins of the sturctural precursors of the sheath material. *Appl. Entomol. Zool.*, 2:195—202.

Sōgawa K, 1968a. Studies on the salivary glands of rice plant leafhoppers. III. Salivary phenolase. *Appl. Entomol. Zool.*, 3:13—25.

Sōgawa K, 1968b. Studies on the salivary glands of rice plant leafhoppers. IV. Carbohydrase activities. *Appl. Entomol. Zool.*, 3:67—73.

Sōgawa K, 1970. Mechanisms of brown planthopper resistance in Mudgo variety of rice (Hemiptera: Delphacidae). *Appl. Entomol. Zool.*, 5(3):145—158.

Sōgawa K, 1974. Studies on the feeding habits of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Hemiptera: Delphacidae): IV. probing stimulant. *Appl. Entomol. Zool.*, 9(4):204—214.

Sōgawa K, 1976. Studies on the feeding habits of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Hemiptera: Delphacidae): V. Probing stimulatory effect of rice flavonoid. *Appl. Entomol. Zool.*, 11(3):160—164.

Sōgawa K, 1982. The rice brown planthopper: feeding physiology and host plant interactions. *Annu. Rev. Entomol.*, 27:49—73.

Sōgawa K, Takahashi A, Zhu M, 1999. Geographcal displacements of rice planthoppers in China and subsequent overseas migration to Japan and Korea in 1991. CNRRI & JIRCAS Cooperative office, Hangzhou: China National Rice Research Institute. 1—47.

深谷昌次，桐谷圭治(編)，1973. 総合防除. 講談社，東京. 1—415.

湯嶋健，桐谷圭治，金沢純，1973. 生態系と農薬. 岩波書店，東京. 1—214.

Tanaka K, Matsumura M, 2000. Development of virulence to resistant rice varieties in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae), immigrating into Japan. *Appl. Entomol. Zool.*, 35(4):529—533.

王政，齐国君，吕利华，胡芊，袁维熙，2011. 广东白背飞虱早期迁入种群的虫源地分析. 应用昆虫学报，48(5):1253—1259.

Watanabe T, Seino H, 1991. Correlation between immigration area of rice planthoppers and the low-level jet stream in Japan. *Appl. Entomol. Zool.*, 26(4):457—462.

Way MJ, Heong KL, 1994. The role of biodiversity in the dynamics and management of insect pests of tropical irrigated rice–A review. *Bull. Entomol. Res.*, 84(4):567—587.

Wilson EO, 1987. The little things that run the world. *Conservation Biology*, 1(44):344—346.

農林水産省農林水産技術会議事務局，1989. 長距離移動性害虫の移動予知技術の開発. 研究成果シリーズ217. 171.

夏敬源，2010. 公共植保、绿色植保的发展与展望. 中国植保导刊，(1):5—9.

叶磊，惠富平，2011. 稻作农耕与日本民族的稻作文化性格. 南京农业大学学报(社会科学版)，11(1):131—136.

Yoshihara T, Sogawa K, Pathak MD, Juliano BO, Sakamura S, 1980. Oxalic acid as a sucking inhibitor of the brown planthopper in rice (Delphacidae, Homoptera). *Entomol. Exp. Appl.*, 27(2):149—155.

翟保平，程家安，2006. 2006 年水稻两迁害虫研讨会纪要. 昆虫知识，43(4):585—588.

赵悦，吴璀献，朱旭东，蒋学辉，张孝羲，翟保平，2011a. 浙江武义 2009 年南方水稻黑条矮缩病的毒源地分析. 昆虫学报，54(8):949—959.

赵悦，张孝羲，翟保平，2011b. 江西上犹 2009、2010 年南方水稻黑条矮缩病的毒源地分析. 应用昆虫学报，48(5):1321—1334.

Zhu M, Song YH, Uhm KB, Turner RW, Lee JH, Roderick GK, 2000. Simulation of the long range migration of brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål), by using boundary layer atmospheric model and the geographic information system. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 3(1): 25—32.