

专 论 与 综 述

Reviews

水稻重大病虫害跨境跨区域监测预警体系的构建与应用

刘万才*, 陆明红*, 黄 冲, 杨清坡

(全国农业技术推广服务中心, 北京 100125)

摘要 稻飞虱、稻纵卷叶螟等迁飞性害虫及其携带的水稻病毒病是中国和越南、泰国等中南半岛国家重要的跨境跨区域迁飞发生和流行性病虫害。在建立中国水稻重大病虫害跨区域监测预警体系的基础上,建立中国和周边国家间水稻重大病虫害跨境跨区域监测预警体系,对于提高我国水稻迁飞性害虫及其传播的病毒病发生的早期预见性、增强防控主动性具有重要意义。自20世纪50年代起,中国通过构建体系架构,合理布局站点,明确站点任务,实施信息共享和开展联合预警,逐步构建了相对完善的全国水稻重大病虫害监测预警网络体系,在提高国内水稻重大病虫害预警防控能力,保障全国粮食生产“十二连增”“十四连丰”方面发挥了重要作用。为进一步提高重大迁飞性害虫的监测预警能力,自2010年开始,在中国农业部的支持下,中国、越南两国实施了“中越水稻迁飞性害虫监测防治项目”,双方通过互设联合监测站点,开展水稻迁飞性害虫等重大病虫害系统监测和发生信息交流、数据交换,以及实地调查和技术交流,进一步增强了中国水稻重大病虫害发生的早期预见性和可持续治理能力,使全国水稻病虫害出现了近10年的连续下降趋势,为保障国家粮食安全做出了积极贡献。当前,我们农作物重大病虫害监测预警在取得重大进展的同时,也面临不少困难,尤其是全国普遍存在人员减少、青黄不接和保障不力的问题。为此提出如下建议,一是健全保障机制,保证工作条件,保持稳定运行;二是增加监测站点,统一监测标准,开展联合监测;三是构建信息网络,实时上报信息,实施信息共享;四是推广智能设备,提升装备水平,推动信息直采;五是强化技术研究,研究明确规律,提升支撑能力。

关键词 水稻; 迁飞性害虫; 稻飞虱; 稻纵卷叶螟; 监测预警体系

中图分类号: S 431 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019457

Construction and application of cross-border and cross-regional monitoring and early warning system for major rice diseases and insect pests

LIU Wancai*, LU Minghong*, HUANG Chong, YANG Qingpo

(National Agro-technical Extension and Service Center, Beijing 100125, China)

Abstract Migratory pests such as rice planthopper and rice leaf roller and their transmitted viral diseases are important cross-border and epidemic diseases and insect pests in China and central south peninsula countries such as Vietnam and Thailand. On the basis of establishing a cross-regional monitoring and early warning system for major rice diseases and insect pests in China, the establishment of a cross-regional monitoring and early warning system for major rice diseases and insect pests between China and neighboring countries is of great significance for improving the early prediction of rice migratory pests and their transmitted viral diseases in China and enhancing the initiative of prevention and control. Since the 1950s, China has gradually constructed a relatively perfect national monitoring and early warning network system for major rice diseases and insect pests by building a system structure, rationally laying out the monitoring sites, defining the tasks of the sites, implementing information sharing and carrying out joint early warning, so as to improve the ability of early warning and control of major rice diseases and insect pests in China, ensure the national grain supply and have played an important role in “twelve succes-

收稿日期: 2019-09-02

修订日期: 2019-09-09

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0200300);农业部中越水稻迁飞性害虫监测与防治合作(2030114)

* 通信作者 E-mail: 刘万才 liuwancai@agri.gov.cn; 陆明红 luminghong@agri.gov.cn

sive increases” and “fourteen successive abundances”. In order to further improve the monitoring and early warning capability of major migratory pests, with the support of the Ministry of Agriculture of China, China and Vietnam have implemented the project of monitoring and controlling migratory rice pests in China and Vietnam since 2010. Both sides have carried out systematic monitoring, occurrence information exchange, data exchange, field investigations and technical exchanges of rice major diseases and pests such as migratory rice pests by setting up joint monitoring stations. The cooperation has further enhanced the early predictability and sustainable management of major rice pests and diseases in China, resulting in a 10-year downward trend in rice pests and diseases throughout the country and contributing positively to ensuring national food security. At present, while having made great progress in monitoring and early warning of major crop diseases and insect pests, we are also facing many difficulties, especially the problem of personnel reduction and inadequate abilities. For this reason, it is suggested that firstly, we should improve the support mechanism, ensure working conditions and maintain stable operation; secondly, we should increase monitoring sites, unify monitoring standards and carry out joint monitoring; thirdly, we should build information networks, report information in real time and implement information sharing; fourthly, we should promote intelligent equipment, upgrade equipment level and promote direct information collecting; fifthly, we should strengthen the technology research, clarify the rules and methods, and enhance the supporting capacity.

Key words rice; migratory pests; rice planthopper; rice leaf roller; monitoring and warning system

稻飞虱、稻纵卷叶螟是我国水稻生产中危害最为严重的一类害虫,每年在我国南方广大稻区都有发生,其暴发年份仅稻飞虱一类害虫实际造成的稻谷损失就高达 206.45 万 t,约占全国水稻总产的 1.14%,而通过防治挽回的损失更是高达 1 966.79 万 t,占当年全国水稻总产的 10.82%;稻纵卷叶螟在暴发年份实际造成的稻谷损失也能超过 100 万 t^[1]。研究表明,稻飞虱等迁飞性害虫每年随东亚季风在中国和越南、老挝、缅甸、柬埔寨等中南半岛国家之间远距离跨境往返迁飞为害并携带传播水稻病毒病^[2-5]。每年春季,从中南半岛国家随季风迁飞至我国华南稻区繁殖、为害,6—8 月,随着西太平洋副热带高压“西移北抬”,进一步迁飞至江南、长江流域稻区为害^[4-5];秋季,再随东北季风回迁到华南晚稻区并递次南迁到越南等中南半岛冬春稻区发生、繁衍。因此,建立跨境跨区域水稻病虫害监测预警体系,系统开展跨境跨区域水稻病虫害发生情况监测、数据交换和信息交流,对于研究水稻迁飞性害虫大范围跨境跨区域迁飞发生规律,提高我国水稻迁飞性害虫及其传播的病毒病发生的早期预见性、增强防控主动性、保障水稻生产安全具有重要意义。自 2010 年以来,中国和越南通过实施水稻迁飞性害虫监测与防治合作项目,初步构建了中国与中南半岛国家间水稻迁飞性害虫大范围跨境跨区域监测预警体系,对提高我国水稻迁飞性害虫及其传播的病毒病监测预警能力发挥了重要作用^[6]。

1 构建跨境跨区域监测预警体系在重大迁飞性害虫监测预警中的意义

由于东亚季风区水稻迁飞性害虫在中国和中南半岛国家间年度间往返迁飞发生为一个大循环整体,而其在中国国内的发生也具有明显的初迁虫源区、重发为害区等北迁南回特征,因而构建跨境跨区域监测预警体系在其监测预警和大区域迁飞发生规律的研究中意义十分重大。

1.1 有利于探明重大病虫害大区发生规律

人有国界,病虫无国界。尽管经过多年研究,我国科技工作者初步研究明确了我国稻飞虱、稻纵卷叶螟等迁飞性害虫的虫源地主要在越南、泰国、缅甸等中南半岛国家^[2-5]。但是,具体主要是哪些地区,其作用影响大小,迁飞和传播路径如何,如何利用虫源地早发的虫情指导和预警我国的病虫害发生趋势,需要进一步研究明确。开展重大病虫害跨境跨区域监测预警体系建设,在一个大环境下研究其迁飞发生为害规律,有利于探明重大病虫害大区发生规律,从而为提高监测预警准确性奠定基础。

1.2 有利于增强病虫害发生的早期预见性

总体而言,由于迁飞性害虫具有递次迁飞扩散的过程,春季主要由境外虫源地迁飞入境,先在我国华南早稻区繁衍为害,再依次迁到江南、长江中下游、江淮,甚至更靠北的北方稻区为害;秋季,随着天气转凉,再依次向南回迁,直至迁出中国,前往冬季

温暖的中南半岛各国繁衍越冬^[4-7]。迁出区作为迁入区的虫源地,尤其是越南等中南半岛国家作为我国华南和江南稻区虫源地的作用更加明显,其发生量的大小对于预测迁入区的发生程度具有重要指示作用。提前掌握虫源地的发生情况,研究其迁飞的路线途径和迁出区迁入区的发生关系,结合当时的天气情况,大气环流情况,对于提高我国迁飞性害虫发生的早期预见性,提前开展监测和做好防控准备,实施精准监测和防控意义重大。

1.3 有利于提高重大病虫害监测与防控能力

依据水稻迁飞性害虫跨境跨区域迁飞发生为害特点和规律,通过加强国际交流与合作,构建跨境跨区域监测预警体系,提前掌握虫源区的发生基数,抗性状况,并根据气候变化等因素提前对当地害虫的发生趋势进行判断,提前做好监测预警和技术培训、虫情宣传等防控工作准备,提前储备一定量的防治物资,提高防控工作计划性。在此基础上,可根据异地虫情发生情况和形势,制定严密的监测预警对策和方案,实行精准监测,准确掌握害虫迁飞时间、数量、种类等发生动态,一旦虫情达到防治指标,可立即组织开展防治,提高防控工作的针对性、时效性和有效性,从而达到增强我国及相关国家重大病虫害的监测防控能力,提高防控效果,减轻为害损失,保障生产安全的目的。

2 中国水稻迁飞性害虫及流行性病害跨区域监测预警体系的构建

2.1 构建体系架构

新中国成立后,从 20 世纪 50 年代初开始,中国政府就着手构建农作物病虫害测报体系,1951 年 3 月,农业部成立了病虫害防治司,到 1956 年在全国已建立病虫害测报站 138 处^[8-9]。1978 年 8 月,经国务院批准,农林部成立全国农作物预测预报总站以后,在全国按照农作物重大病虫害发生分布特点,重大迁飞性害虫、流行性病害跨区域迁飞发生流行规律,全面开始构建全国农作物病虫害测报体系。到 20 世纪 90 年代初,已构建了国家、省、地(市)、县(市、区)乡(镇)五级相对完善的病虫害监测预警体系^[9-11]。截至 2018 年统计,全国有 31 个省(直辖市、自治区)、330 多个市(地、州)、2 500 多个县建立了承担病虫害监测预警的植保机构,全国共有植保人员 4.9 万多人(图 1)。

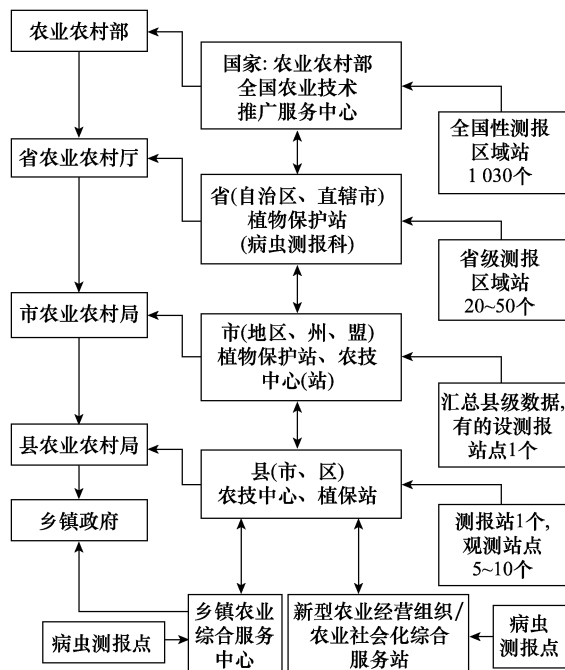


图 1 全国农作物病虫害监测预警体系架构

Fig. 1 Framework of national crop diseases and insect pests monitoring and warning system

2.2 合理布局站点

为做好水稻重大病虫害跨区域监测预警,全国农业技术推广服务中心(原全国植物保护总站)组织各省级植保机构共同研究,从 1989 年开始,在全国实施了全国农作物病虫害测报区域站建设项目;从 1998 年起,国家发展改革委和农业部正式实施全国植物保护工程建设项目。在水稻病虫害监测方面,在全国按照水稻重大病虫害发生区划、水稻迁飞性害虫、流行性病害发生和流行蔓延规律,在病虫害发生源头区、迁飞发生和流行过渡带和重发危害区,建立全国和省级农作物病虫害监测预警区域站。截至 2019 年,共有全国性水稻重大病虫害监测预警区域站 453 个,主要承担稻飞虱、稻纵卷叶螟、稻螟虫、稻瘟病、稻纹枯病、水稻病毒病等全国性重大病虫害的系统调查监测。其中,稻飞虱监测站 339 个,稻纵卷叶螟监测站 311 个,稻螟虫监测站 321 个,稻瘟病监测站 247 个,稻纹枯病监测站 197 个。这些站点布局合理,代表性强,提高了监测预警效率。

2.3 明确监测任务

在监测任务的确定上,充分考虑站点的位置和条件等情况,合理安排监测对象和任务,每个区域站点承担什么监测对象,以及调查时间、内容、方法,记载内容,都有严格规定,保证各个区域站按照统一标准调查数据,便于比较分析。如针对稻飞虱,共有

339 个区域站承担监测任务,涉及监测任务报表主要有“稻飞虱模式报表”。另外,还有“水稻种植情况基本信息表”、“水稻病虫害年度发生情况及来年趋势预测表”等 5 张报表^[12-14]。

2.4 实施信息共享

为实施监测信息共享,全国农业技术推广服务中心牵头于 2009 年建成了全国农作物重大病虫害数字化监测预警系统^[13],各个承担国家级病虫害监测对象的基层区域站通过该系统将调查监测数据按时报送上来,并按照国家、省级、地市级和县级不同的权限分级共享。其中,国家级用户可以调用全部的数据,省级、地市级和县级可以共享本级及周边区域的数据,从而实现了全国农作物重大病虫害监测预警信息的共享。自 2009 年全国农作物病虫害测报体系推广应用该系统以来,通过实时录入调查监测数据,加上组织有关监测区域站补充录入 2000 年以来的监测历史数据,至今该系统数据库已积累了 20 年的数据,约 230 多万张报表 3 100 多万个数据,其中,每年新增积累数据约 15 万张 250 万个数据。这样,既实现了数据信息共享,也便于与历史情况分析比较,提高农作物重大病虫害监测预警能力。

2.5 联合监测预警

为加强监测预警数据应用,各级植保机构通过观测当地当前发生数据,分析周边发生情况和历史发生规律,及时发布预报预警信息,尤其是及时通报当地发生的突出情况,如发生期明显提前,发生量明显增加,出现大的迁入峰,对有关省份和地方都有重要的警示作用,从而提醒测报人员加强调查监测,及时准确掌握当地病虫害的发生动态,适时发布预报预警信息,为提高防控效果,减少农药用量,促进绿色防控提供技术支撑。

3 中国—越南水稻迁飞性害虫跨境跨区域监测预警体系的构建

3.1 建立合作交流机制

研究表明,我国每年春季稻飞虱、稻纵卷叶螟等迁飞性害虫初始虫源主要来自越南、泰国、缅甸等中南半岛国家^[3-5],建立中国和中南半岛等周边国家间病虫害发生数据交换和信息交流机制,及时掌握越南等虫源地国家早期迁飞性害虫的发生情况,对于研究迁飞性害虫跨境迁飞发生为害规律,增强我国水稻迁飞性害虫发生的早期预见性,提高监测预警能力具有重要意义。自 2010 年以来,中国农业农村部种植业管理司和越南农村发展部植物保护局签订双边合作协

议,实施了 2 期水稻迁飞性害虫监测与防治合作项目(2010 年—2015 年、2016 年—2020 年),初步构建了中国与中南半岛国家间水稻迁飞性害虫跨境跨区域监测预警体系,双方根据水稻病虫害监测预警工作需要,通过联合设立固定监测站点,按照统一要求和调查方法,系统开展调查监测和数据信息交流,对提高两国水稻迁飞性害虫及其传播的病毒病的研究水平,以及监测预警准确性和防治工作指导性发挥了重要作用^[6]。

3.2 开展调查交流活动

根据双方水稻重大病虫害监测预警需要,每年 4—5 月份,中国农业农村部全国农业技术推广服务中心组织有关科研和生产单位的专家赴越南实地开展水稻病虫害发生情况调查,了解掌握当地水稻病虫害发生总体态势,并与越方专家开展病虫害发生信息和测报技术交流研讨,分析研判其后期发生趋势和对中国的影响,对于指导中国做好早稻病虫害的防治具有重要意义。每年 8—9 月份,越南农村发展部植物保护局组织专家到中国 与中方专家联合开展水稻病虫害发生情况调查,分析回迁害虫的发生态势及对越南的影响,开展水稻病虫害跨境跨区域监测预警技术交流,从而促进了双方在水稻迁飞性害虫及相关流行性病害跨境跨区域发生流行规律研究和预警能力的提高。

3.3 实施系统调查监测

为加强水稻迁飞性害虫及相关流行性病害跨境跨区域迁飞发生和流行规律研究,中越双方根据项目合作协议,建立了联合监测站点,双方按统一标准,系统开展水稻病虫害联合调查监测,及时交流交换监测信息,推进监测信息数据共享。目前,双方设立的联合监测点共有 8 个:越方的 4 个系统观测点分别建在南定、广南、义安和富安 4 省,中方的 4 个合作观测点分别建在云南麻栗坡县、广西合浦县、广东雷州市和海南琼海市。系统开展水稻迁飞性害虫发生情况调查监测,对于及时掌握水稻迁飞性害虫的发生动态,积累测报观测数据,开展监测预警技术研究和提高监测预警能力都具有重要意义。

3.4 加强学术交流活动

根据中越项目合作协定,双方每年除了考察交流外,还要组织召开项目年度总结和学术研讨会。双方专家共同分析当年水稻迁飞性害虫及相关流行性病害的发生情况和原因,分析对水稻造成的危害程度,交流水稻病虫害监测防控技术进展,及时总结项目年度成果。同时,针对项目实施过程中存在的问题进行深入交流研讨,提出改进意见和解决方案,

协商讨论下一年合作计划,在关键环节达成一致意见,促进项目下一年顺利实施。

4 水稻重大病虫害跨境跨区域监测预警的实践

近 10 年(2010 年—2019 年)来,由于不断完善跨境跨区域监测预警体系,我国水稻重大病虫害监测预警能力明显增强,在科学指导防控,提高防治效果,减轻为害损失,推进绿色防控,实现持续治理等方面发挥了重要作用。

4.1 开展水稻迁飞性害虫联合监测预警

自 2010 年以来,随着中国和越南“中越水稻迁飞性害虫监测防治合作项目”的实施,实现了境外病虫害监测站点与国内已建立的监测预警网络站点监测数据在一个平台上分析,初步构建了水稻重大病虫害跨境跨区域监测预警体系,加上农作物重大病虫害数字化监测预警系统的建成应用,为水稻迁飞性害虫等重大病虫害跨境跨区域监测预警提供了技术保障。从全国的层面上,每年春季,重点收集分析广西、广东、云南等初迁虫源区各个监测站点早期的迁入虫源数量和田间发生情况,结合境外主要初始虫源地的发生情况和天气趋势,对全国早稻病虫害的

发生趋势进行预测。每年 7 月,重点收集分析华南、江南、西南早稻区各个监测站点的迁入虫量和田间发生情况,结合天气趋势等因素,对下半年中晚稻重大病虫害的发生趋势进行预测。由于构建了相对完善的监测预警体系,对重大病虫害的分析预测初步实现了由定性到定量,预测准确率明显提高,连续多年实现了对水稻迁飞性害虫等重大病虫害的准确预测。在各省和基层测报站层面,测报人员根据本区域测报站点调查监测的数据,结合全国农业技术推广服务中心提供的信息和全国的预测意见,包括虫源地和周边站点的监测数据,对本区域水稻迁飞性害虫等病虫害的发生趋势进行预测,监测预警的准确性也明显提高。水稻迁飞性害虫等重大病虫害监测预警能力的提高,为全面提升水稻重大病虫害的治理能力,实现连续多年水稻重大病虫害的可持续治理发挥了重要作用。自 2012 年以来,水稻稻飞虱、稻纵卷叶螟等迁飞性害虫出现连续多年的下降趋势。这其中,测报准确性的提高为实施可持续治理发挥了重要作用,尤其是在早稻迁飞性害虫的预测上,通过实施跨境跨区域联合监测预警,测报准确性的提高更为明显(表 1)。

表 1 2009 年—2018 年全国早稻稻飞虱预测预报情况¹⁾

Table 1 Forecasting of rice planthopper on early rice in China during 2009—2018

年份 Year	越南发生面积/万hm ² Occurrence area in Vietnam	国内预测面积/万hm ² Forecasting occurrence area in China	国内实发面积/万hm ² Occurrence area in China	准确率/% Accuracy	预测程度 Forecasting occurrence class	实发程度 Occurrence class	准确率/% Accuracy
2009	82.4	600.0	846.7	90	4~5	4~5	100
2010	108.2	566.7	726.7	100	4~5	4	100
2011	50.7	593.3	422.6	80	4	3	100
2012	49.7	560.0	733.3	100	4	4~5	100
2013	50.4	587.0	667.0	100	4	3	100
2014	47.1	527.0	574.0	100	3~4	3~4	100
2015	31.3	533.3	586.0	100	4	3~4	100
2016	40.8	546.7	608.0	100	3~4	4	100
2017	42.9	480.0	493.9	100	3~4	3	100
2018	36.6	466.7	426.0	100	3~4	3	100

1) 准确率按照《农作物病虫害测报技术手册》中“农作物有害生物预测准确率综合评定方法”测算^[15]。
Accuracy rate is calculated according to “Comprehensive assessment method of accuracy rate of crop pests forecasting” in “Technical manual of crop pests and diseases forecasting”.

4.2 开展南方水稻黑条矮缩病联合监测预警

南方水稻黑条矮缩病是由迁飞性害虫白背飞虱携毒跨境跨区域传播的流行性水稻病毒病害,2009 年—2010 年曾连续 2 年在我国南方部分稻区暴发流行,造成了严重危害。自 2010 年开始,在农业部的高度重视下,全国农业技术推广服务中心积极与华南农业大学、浙江大学,以及相关省植物保护站积

极合作,通过密切监测病害的发生流行动态,初步掌握了病害流行影响因素、流行规律和预测方法。2011 年以来,全国农业技术推广服务中心每年春季 5 月份,根据越南中北部冬春稻上南方水稻黑条矮缩病发病程度和面积大小,白背飞虱发生的早晚和程度,结合春季 3—5 月份我国华南、江南早稻区各监测站点监测的白背飞虱发生量和带毒率的高低,

以及白背飞虱迁入高峰期和水稻秧苗期的吻合程度等因素,分析预测南方水稻黑条矮缩病的流行趋势,除 2011 年对病害流行规律把握和白背飞虱带毒率测定不准,造成预报结果不准以外,2012 年—2018 年已连续多年基本实现了对病害的准确预报,每年发生程度准确率为 100%。各病害发生区每年根据病害监测情况和预报结果,采取药剂拌种、隔离育秧、打“送嫁药”,以及及时防控大田期稻飞虱等措施,切实控制了病害暴发流行势头,准确的监测预警在指导病害治理中发挥了重要作用^[15]。

5 讨论与建议

5.1 健全工作机制,保持稳定运行

跨境跨区域监测预警体系的构建和完善在提高水稻重大迁飞性害虫、流行性病害监测预警能力,增强其发生早期预见性和测报准确性等方面发挥了重要作用,应不断完善,建立稳定运行机制,促进该体系长期运行。一是完善国际合作。在与越南等周边国家的合作方面,应巩固合作成果,深化信息交流、数据交换和技术合作。在此基础上,扩大合作范围,通过双边与多边合作机制,积极探索与缅甸、老挝、泰国、柬埔寨等周边国家建立水稻迁飞性害虫发生信息交流交换等监测合作机制,以更加全面地了解境外周边虫源地国家病虫害的发生信息,增强监测预警的早期预见性。二是规范国内监测工作。加强国内各级病虫害监测预警区域站的业务考核,严格按照农作物重大病虫害测报技术规范开展调查监测和信息报送,确保信息数据准确可靠,监测工作及时有效。

5.2 增加监测站点,统一监测标准

截至 2019 年,国内水稻迁飞性害虫、流行性病害的监测网络总体布局和架构已经初步建立,下一步要结合动植物保护能力提升工程实施,进一步增加监测网点建设,逐渐织密织实监测网络,减少监测盲点,提高监测能力。在国际合作方面,可进一步利用湄公河—澜沧江区域合作项目,在越南增设联合监测站点的基础上,积极争取与缅甸、老挝、泰国、柬埔寨建立联合虫情监测站点,在指导服务当地病虫害防治的基础上,统一各合作国虫情调查和信息交流标准,以提高数据的分析可比性,并进一步探索研究水稻迁飞性害虫等重大病虫害跨境跨区域迁飞发生为害规律,提高分析预测的早期预见性。

5.3 构建信息网络,实施信息共享

当前,我国国内的农作物重大病虫害监测预警

信息系统经过近 10 年的开发建设和推广应用,已经相对完善,在实施重大病虫害联合监测预警,提高监测预警能力和预测水平方面发挥了重要作用^[11-13]。下一步重点要在数据挖掘利用,丰富数据采集渠道,开发建设植保大数据应用平台上拓展发展,构建统一的信息数据共享平台。在国际合作层面,应积极通过双边和多边国际合作机制,探索建立中国与周边国家基于有关合作项目的重大迁飞性害虫等的信息共享平台,明确各个项目合作监测点的监测调查对象、调查时间、调查内容、调查方法,以及共享数据内容,实现水稻迁飞性害虫等重大病虫害发生信息的实时共享,从而为构建跨境跨区域监测预警体系提供支撑。

5.4 提升装备水平,推动信息直采

目前,国内的农作物重大病虫害发生信息采集主要还是依靠人工采集和填报,自动化程度还不高。近年来,由于机构改革等方面原因,基层植保机构普遍面临人手不足、年龄老化等问题,在一定程度上影响了调查监测的准确性和及时有效性;另一方面,随着信息技术的发展,一批有望经过试验验证和开发,可用于重大病虫害监测预警信息采集的新型监测设备应运而生,为推进重大病虫害监测预警自动化、智能化和信息化指明了方向。应在组织研发和试验、示范的基础上,促进设备定型,加快推广应用,在提升国内监测预警装备水平的基础上,逐步装备应用到周边国家项目合作站点,逐步提升重大害虫灯下监测发生的种类和数量,以及田间病虫害的发生种类、数量、危害程度等信息的自动采集水平,不断推进重大病虫害监测预警自动化、智能化、信息化发展。

5.5 强化技术研究,提升支撑能力

各级植保机构、科研院所要充分利用多年来积累的测报历史数据,结合天气气候变化,开展水稻迁飞性害虫等重大病虫害跨境跨区域迁飞发生规律和监测预警技术研究,不断探索重大迁飞性害虫跨境跨区域迁飞发生规律,提高分析预测的准确性。要组织有关专家和科技企业,加大自动化、智能化新型测报工具的研发和试验、示范,将经过试验证明成熟可靠的预测技术模型集成到相关自动化设备上,尽快研发推出一批自动化、智能化和信息化程度比较高的监测预警新装备,为提升监测预警装备水平提供支撑。要组织做好跨境跨区域重大病虫害发生信息共享平台建设规划,确定平台架构和建设内容,为实施信息共享奠定基础。

- basis for ultraviolet vision in invertebrates [J]. *Journal of Neuroscience*, 2003, 23:10873–10878.
- [64] LYTTHGOE J N. The ecology of vision[M]. Oxford, UK: Clarendon Press, 1979.
- [65] FRENTIU F D, BERNARD G D, SISON-MANGUS M P, et al. Gene duplication is an evolutionary mechanism for expanding spectral diversity in the long-wavelength photopigments of butterflies [J]. *Molecular Biology and Evolution*, 2007, 24: 2016–2028.
- [66] SANDERS E, HALL D W. Variation in opsin genes correlates with signaling ecology in North American fireflies [J]. *Molecular Ecology*, 2015, 24(1): 4679–4696.
- [67] LORD N P, PLIMPTON R L, SHARKEY C R, et al. A cure for the blues: opsin duplication and subfunctionalization for short-wavelength sensitivity in jewel beetles (Coleoptera: Buprestidae) [J/OL]. *BMC Evolutionary Biology*, 2016, 16: 10.
- [68] LAND M F, NILSSON D E. Animal eyes [M]. Oxford: Oxford University Press, 2012.
- [69] SEKI T, VOGT K. Evolutionary aspects of the diversity of visual pigment chromophores in the class insecta [J]. *Comparative Biochemistry Physiology*, 1998, 119B (1): 53–64.
- [70] FUTAHASHI R, KAWAHARA-MIKI R, KINOSHITA M, et al. Extraordinary diversity of visual opsin genes in dragonflies [J]. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 2015, 112: 1247–1256.
- [71] FRENTUI F D, YUAN Furong, SAVAGE W K, et al. Opsin clines in butterflies suggest novel roles for insect photopigments [J]. *Molecular Biology and Evolution*, 2014, 32(2):368–379.
- [72] COLBOURNE J K, PFRENDER M E, GILBERT D, et al. The ecoresponsive genome of *Daphnia pulex* [J]. *Science*, 2011, 331(6017):555–561.
- [73] ZACCARDI G, KELBER A, SISON-MANGUS M P, et al. Color discrimination in the red range with only one long-wavelength sensitive opsin [J]. *Journal of Experimental Biology*, 2006, 209: 1944–1955.
- [74] LIU Zhenxing, WANG Xiaoyun, LEI Chaoliang, et al. Sensory genes identification with head transcriptome of the migratory armyworm, *Mythimna separata* [J/OL]. *Scientific Reports*, 2017, 7: 46033.
- [75] BRISCOE A D. Six opsins from the butterfly *Papilio glaucus*: Molecular phylogenetic evidence for paralogous origins of red-sensitive visual pigments in insects [J]. *Journal of Molecular Evolution*, 2000, 51:110–121.
- [76] FRENTIU F D, BRISCOE A D. A butterfly eye's view of birds [J]. *Bioessays*, 2008, 30:1151–1162.
- [77] FINKBEINER S D, BRISCOE A D, REED R D. Warning signals are seductive: relative contributions of color and pattern to predator avoidance and mate attraction, *Heliconius* butterflies [J]. *Evolution*, 2014, 68:3410–3420.
- [78] MANWARING K F, WHITING M F, WILCOX E, et al. A study of common scorpionfly (Mecoptera: Panorpididae) visual-systems reveals the expression of a single opsin [J]. *Organisms diversity & Evolution*, 2016, 16: 201–209.
- [79] JACKOWSKA M, BAO Riyue, LIU Zhenyi, et al. Genomic and gene regulatory signatures of cryptozoic adaptation: Loss of blue sensitive photoreceptors through expansion of long wavelength-opsin expression in the red flour beetle *Tribolium castaneum* [J]. *Frontiers in Zoology*, 2007, 4:24.
- [80] TIERNEY S M, COOPER S J, SAINT K M, et al. Opsin transcripts of predatory diving beetles: a comparison of surface and subterranean photic niches [J]. *Royal Society Open Science*, 2015, 2:140386.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 92 页)

参考文献

- [1] 刘万才, 刘振东, 黄冲, 等. 近 10 年农作物主要病虫害发生危害情况的统计和分析[J]. *植物保护*, 2016, 42(5):1–9.
- [2] 陆明红, 刘万才, 胡高, 等. 中越水稻迁飞性害虫稻飞虱、稻纵卷叶螟发生关系分析[J]. *植物保护*, 2018, 44(3):31–36.
- [3] 陆明红, 刘万才, 程映国, 等. 中越水稻迁飞性害虫监测与防治合作研究进展[J]. *中国植保导刊*, 2017, 37(12):84–87.
- [4] 翟保平. 稻飞虱:国际视野下的中国问题[J]. *应用昆虫学报*, 2011, 48(5):1184–1193.
- [5] 翟保平, 周国辉, 陶小荣, 等. 稻飞虱暴发与南方水稻黑条矮缩病流行的宏观规律和微观机制[J]. *应用昆虫学报*, 2011, 48(3):480–487.
- [6] 刘万才, 陆明红, 翟保平, 等. 越南水稻生产及其迁飞性害虫发生情况[J]. *中国植保导刊*, 2014, 34(10):91–95.
- [7] 程遐年, 吴进才, 马飞. 褐飞虱研究与防治[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003:68–94.
- [8] 刘万才. 中国农作物病虫害测报 50 年[J]. *世界农业*, 1999(10): 24–26.
- [9] 刘万才, 姜瑞中. 中国植物保护 50 年成就(1949—1999)[M]//姜瑞中, 曾昭慧, 刘万才, 等. 中国农作物主要生物灾害实录: 1949—2000. 北京: 中国农业出版社, 2005:182–197.
- [10] 刘万才, 姜玉英, 张跃进, 等. 推进农业有害生物监测预警事业发展的思考[J]. *中国植保导刊*, 2010, 30(9):35–39.
- [11] 刘万才, 姜玉英, 张跃进, 等. 我国农业有害生物监测预警 30 年发展成就[J]. *中国植保导刊*, 2009, 29(8):28–31.
- [12] 农业部种植业管理司, 全国农业技术推广服务中心. 病虫害测报数字化[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016.
- [13] 刘宇, 刘万才, 韩梅. 农作物重大病虫害数字化监测预警系统建设进展[J]. *中国植保导刊*, 2011, 31(2):33–35.
- [14] 全国农业技术推广服务中心. 农作物重大病虫害数字化监测预警系统开发建设与应用[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [15] 刘万才, 陆明红, 黄冲, 等. 我国南方水稻黑条矮缩病流行动态及预测预报实践[J]. *中国植保导刊*, 2016, 36(1):20–26.

(责任编辑: 田 喆)