

◆ 专论:智慧农药(特约稿) ◆

病虫害测报智能化研究进展

张云慧^{1*}, 张智², 刘杰³

(1. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害综合治理全国重点实验室, 北京 100193; 2. 北京市植物保护站, 北京 100029; 3. 全国农业技术推广服务中心, 北京 100125)

摘要: 准确的预测预报是防治病虫害的关键和基础。我国的病虫害测报从传统经验测报、规范化测报发展到智能化测报, 对我国粮食和重要农产品稳定安全发挥了重要的保障与支撑作用。本文系统总结了我国病虫害测报的发展历程, 现代信息技术在病虫害测报中的应用及智能化测报工具的研发与应用, 并对目前存在的问题进行剖析, 以期为我国病虫害测报的智能化发展提供新的思路。

关键词: 病虫害测报; 智能化; 监测预警

中图分类号: S4 文献标志码: A doi: 10.3969/j.issn.1671-5284.2023.05.002

Research Progress of Intelligent in Forecasting for Diseases and Insect Pests

ZHANG Yunhui^{1*}, ZHANG Zhi², LIU Jie³

(1. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. Beijing Plant Protection Station, Beijing 100029, China; 3. National Agro-Tech Extension and Service Centre, Beijing 100125, China)

Abstract: Accurate prediction is the key and foundation of preventing and controlling insect pests and diseases. The disease and insect pests forecast in China has gone through traditional experience, standardized, and intelligent monitoring, which playing an important role in ensuring and supporting the stability and safety of China's grain and important agricultural products. This article systematically summarized the development process of the disease and insect pests forecast, the application of modern information technology in disease and insect pests forecast, and the research and application of intelligent forecasting tools. It also analyzed the current problems, in order to provide new ideas for the intelligent development of disease and insect pests forecasting in China.

Key words: disease and insect pests forecast; intelligent; monitor and forecast

我国地处东亚季风区, 是一个农业生物灾害多发、频发、重发的国家。近年来, 由于全球气候变暖, 农业结构调整, 耕作制度变迁等, 农作物病虫害的发生变得日趋严重和复杂, 成为影响农作物稳产增产的重要因素。据统计, 近5年我国农作物病虫害年均发生面积4.3亿hm²次, 实际造成粮食损失逾2 000万t, 占全国粮食总产量的3.5%左右^[1]。精准预报是科学有效防控病虫害危害, 实现“虫口夺粮”, 保障国家粮食安全的重要手段和前提^[2]。长期以来我国病虫害测报工作主要依靠手查、目测、竹赶、盆拍等传统工

具和手段, 自动化、智能化、标准化程度低, 工作量大、效率低, 是制约现代植保体系建设的主要短板之一^[3]。

传统的病虫害测报是指在病虫害发生为害之前, 人们根据研究和实践所掌握的病虫害发生消长规律, 对影响病虫害发生的各种因素进行调查监测, 取得数据, 结合历年观测资料和气象预报, 应用多种预测方法进行综合分析, 估计病虫害未来的发生期、发生量、危害程度以及扩散分布与流行趋势, 叫做预测。由县级以上的植保机构把预测的结果通过广

收稿日期: 2023-07-22

基金项目: 国家自然科学基金项目(31972260); 国家小麦产业技术体系(CARS-03)

通信作者: 张云慧(1980—), 女, 河南虞城人, 博士, 研究员, 主要从事重大迁飞性害虫监测预警与综合防控。E-mail: yhzhang@ippcaas.cn

播、报刊、电视、网站、公众号等渠道向社会公开,叫做预报。通常称为“病虫害预测预报”,简称“病虫害测报”^[4-5]。为规范农作物病虫害监测与预报工作,农业农村部组织制定了《农作物病虫害监测与预报管理办法》,自2022年1月24日起施行,对农作物病虫害的监测、预警、信息发布等进行了详细规定^[6]。自新中国成立以来,我国病虫害测报经历了由传统经验测报、规范化测报到精准测报的发展历程^[7-8],病虫害测报技术体系逐步建立与完善,病虫害测报工具和监测预警手段不断创新与发展,病虫害测报在病虫害绿色防控中的指导作用也愈发突出^[9]。本文梳理了我国病虫害测报的发展历程,现代信息技术在病虫害测报中的应用及智能化测报工具的研发,以期为我国病虫害测报的智能化发展提供新的思路。

1 病虫害测报智能化发展历程

病虫害测报是植物保护的基础性工作,新中国成立以来受到各级政府的高度重视,早在1950年就建立了病虫害情报交换制度。1955年农业部颁布《农作物病虫害预测预报方案》,提出了全国病虫害测报站建设规划,推动了病虫害测报站点建设和测报工作的发展^[10]。1963年农业部植保局创编《全国农业病虫害测报电码》,在全国作为公益电报使用,提高病虫害信息的利用时效^[11]。20世纪80年代,“模式电报”开始用于病虫害测报信息的传递与交换,在提高病虫害测报的准确性、时效性和系统资料的积累等方面,均发挥了重要的作用^[12]。1980年,病虫害测报专业期刊《病虫害测报》创刊,为病虫害测报学科的发展提供了非常重要的交流平台^[13]。科研人员也将物候预测法、数理统计预测法和综合分析预测法等应用到病虫害信息的预测与发生趋势评估中,并在生产中得到了广泛应用^[14-16]。随着计算机的广泛应用和人工智能技术的提高,数学模型、数据库和专家系统等也应用于病虫害预测预报中^[17-22],为病虫害测报的智能化发展奠定了基础。

20世纪90年代,科研和农技推广人员开始探索现代信息技术在病虫害测报领域中的应用,全国农业技术推广服务中心将计算机网络技术与测报专业技术有机结合,建成了“全国病虫害测报信息计算机网络传输与管理系统Pest-Net”,病虫害信息的传递速度和利用率得到了进一步提升,初步实现测报系统内部信息资源的共享^[22-24]。一些新型自动、半自动测报工具如光电自动控制测报灯、昆虫自动诱集器、电动孢子捕捉仪等相继研发并在生产上推广应用,

提高了测报水平和工作效率,推动了测报工具智能化进程^[25-26]。进入21世纪以来,物联网、大数据、深度学习、人工智能等现代信息技术加速了病虫害测报智能化的发展,自动化、智能化新型测报工具和监测预警系统的研发大大提高了病虫害测报获取数据的准确性和时效性^[27]。智能识别虫情测报灯^[28]、害虫性诱实时监控和自动计数系统^[29]、基于物联网的马铃薯晚疫病实时监测预警系统^[30]、小麦赤霉病自动监测预警系统^[31]、害虫远程实时监测预警系统^[32]等的推广应用,提升了我国病虫害测报装备水平,初步实现了病虫害监测的自动化和预警的智能化。

2 病虫害测报智能化研究进展

随着互联网+、深度学习、物联网等现代信息技术的发展,为病虫害测报智能化的大数据分析和信息挖掘提供了强有力的技术手段,促进了新型测报工具研发、病虫害测报信息系统建设等方面的快速发展。

2.1 快速智能侦测病虫害遥感技术

遥感技术作为一种大范围快速获取农田时空连续信息的途径,被广泛用于病虫害监测预警和损失评估。在农作物病虫害监测应用中,由于卫星遥感影像分辨率低,难以识别农作物病虫害的详细特征,具有很大的局限性,而基于无人机的植物病虫害遥感监测,为病虫害信息获取和精准防控提供了支撑^[33]。无人机遥感具有将传统位点监测、航空监测和卫星遥感监测等相结合的明显优势,可获得高空空间分辨率、高时间分辨率、高光谱分辨率影像。随着信息技术的发展获取数据的方式也由无人机搭载可见光相机,到近几年多采用多光谱相机、高光谱相机乃至热红外成像仪,获取低空遥感影像,采用机器学习方法等进行农情解析。在获得病虫害光谱特征的基础上,建立病虫害与光谱关系模型,并将模型反演到无人机图像和卫星遥感图像上,可以实现大范围的病虫害监测^[34]。例如郭伟等^[35]利用搭载在无人机平台的成像高光谱仪获取棉株冠层成像高光谱遥感数据,结合地面调查数据,建立棉叶螨为害等级最优监测模型,生成研究区域棉叶螨为害情况空间分布图,为棉叶螨的精准防治提供参考。Liu等^[36-37]从距地面不同高度处获取的无人机航拍小麦白粉病的数字图像,发现图像参数lgR与病情指数或者产量在不同年度、不同高度间均存在较高的相关性,该图像数字参数用来监测白粉病和预测产量是完全可行的。周小杰等^[38]利用无人机载多光谱遥

感影像数据,通过图像处理、分类识别和定位等方法,对松材线虫病引起的松树病害和病死树木进行识别提取,监测精度达到了90%,可为松材线虫病的早期治理和治理后效果评估提供技术支撑。

随着无人机传感器技术的更新,遥感图像分析处理技术的进步,以无人机为代表的快速智能侦测病虫遥感监测技术将不断在生产中得以推广应用。下一步应加强病虫害特征光谱选择算法研究,建立专属病虫害光谱数据库,开发专一的病虫害监测传感器以及研发病虫害数据处理平台,为病虫测报的信息化、智能化提供有力的技术支撑^[39]。

2.2 网络化自动化昆虫雷达

昆虫雷达是利用电磁波探测空中自由飞行昆虫的一种卓越工具,利用雷达的定向和测距性质可以计算出昆虫迁飞的时间、高度、密度、速度等参数。在欧美国家,雷达遥感技术在20世纪60年代就被用于迁飞性害虫测报中。1968年英国昆虫学家Rainey成功研制世界上第一台昆虫雷达,对迁飞性害虫如沙漠蝗虫进行监测^[40]。澳大利亚1971年建成昆虫雷达,用于对本土蝗虫、棉铃虫迁飞路径监测研究,并通过电话线和互联网将2台昆虫雷达组成雷达监测网络,初步实现了昆虫雷达的联网监测^[41]。1978年美国农业部建成本国第一部扫描昆虫雷达,并利用船载雷达和机载雷达对美洲棉铃虫、蚜虫的迁飞过程进行了跟踪监测^[42]。2014年,日本国立农研机构Akira Otuka研究员借鉴英国昆虫雷达技术,建成了日本第一部昆虫雷达,主要对稻飞虱、稻纵卷叶螟、粘虫等害虫跨海迁入日本的基本规律开展研究。2019年以色列海法大学从我国购置了一台垂直监测昆虫雷达,主要对地中海东部昆虫的迁飞行为进行研究。

国内对昆虫雷达研究起步较晚,1984年我国建成了第一台昆虫雷达,历经40年的发展,我国科研工作者通过与生产企业的密切合作,在提升雷达目标的识别能力、自动化、智能化监测等方面取得了开拓性的进展,昆虫雷达由数据采集和数据分析费时费力的人工值守,到自动运行和数据采集与分析自动化,实现了昆虫雷达从研究走向应用的变迁^[43-44]。近年来,随着信息技术在农业领域的应用,带动了昆虫雷达技术上的革新。无锡立洋电子科技有限公司与北京市植物保护站、中国农业科学院植物保护研究所等单位合作针对扫描昆虫雷达和垂直监测昆虫雷达存在的不足,研发了一套利用信号收发、采集及终端处理系统实现扫描昆虫雷达运转

模式与垂直监测昆虫雷达运转模式相融合的双模式昆虫雷达^[45],后期通过调整雷达的脉冲宽度,又增加了天气雷达的功能,实现了三融合。2020年我国自主研发的垂直监测昆虫雷达首次出口以色列,随后昆虫雷达研究的开创者——英国,也开始从我国进口昆虫雷达,这标志着我国昆虫雷达技术跻身世界先进行列。针对复杂环境下的迁飞轨迹分析的难点问题,中国农业科学院植物保护研究所与北京理工大学合作,建成了高分辨率全极化昆虫雷达系统,实现昆虫体重、体轴方向等生物学参数的测量,距离分辨率高达0.2 m,大幅提升昆虫生物学参数测量精度^[46]。佳多科工贸有限责任公司与中国农业科学院植物保护研究所合作研发昆虫雷达侦诱系统,通过雷达系统实时监测的信息,远程命令高空昆虫控诱设备自动选取特定光源进行空中有效阻截,达到良好的昆虫防控效果。

2017年,国家发展改革委、农业农村部、质检总局、国家林业局联合印发的《全国动植物保护能力提升工程建设规划(2017—2025年)》中明确,将在2017—2025年间建设15个空中迁飞性害虫雷达监测站,在相关项目的支持下多个雷达监测站成功组建并投入生产应用^[47],创建了以昆虫雷达监测为核心,融合昆虫迁飞的天气背景、物候信息的害虫迁飞路径模拟系统,初步实现虫源地—迁飞路径—降落危害地的自动化预警^[48]。在中国农业科学院植物保护研究所的组织协调下,全国昆虫雷达网已经着手构建,目前已经在草地贪夜蛾、粘虫等重大迁飞性害虫的迁飞通道上部署了20多部不同类型的昆虫雷达,并进行联网监测,初步构建了基于昆虫雷达的重大迁飞性害虫天—空—地一体化监测预警平台。

2.3 智能化监测工具

随着我国农业种植结构的调整,土地规模化、机械化种植是未来的发展趋势,依靠“眼观手查”的传统测报方法越来越不适应现代农业发展的需求,开发自动化、智能化和信息化程度高的新型测报工具迫在眉睫^[27]。在国家大数据战略的引领下,深度学习和人工智能技术快速发展,为研发自动化、智能化测报工具提供了技术支持^[49]。

2.3.1 智能虫情监测设备

我国从2000年开始研发和推广应用自动虫情测报灯,通过光电自动控制开关、接虫袋每日自动转换、红外线虫体处理等技术达到自动监测虫情的目的^[50],逐步取代了传统的简易测报灯。2013年以

来,以佳多科工贸有限责任公司为代表的企业相继研发了基于物联网的病虫草害实时监控系统,实现了对田间病虫害和田间物候信息的远程实时监控^[51]。2017年,我国启动植物保护能力提升工程项目,支持各地尽快构建现代化监测预警网络,改善监测手段,提高自动化、信息化水平。在深度学习、人工智能技术的支持下,智能虫情测报灯应运而生,在原有自动化监测的基础上,增加了诱集昆虫定期拍摄,昆虫种类自动识别、计数和信息自动传输等智能监测功能^[8]。近年来,随着物联网、AI、云计算技术的迅速发展和工业级高清摄像头、相机的应用,病虫害识别的自动化、智能化水平得以进一步提升,以托普云农科技股份有限公司、佳多科工贸有限责任公司、北京依科曼生物技术股份有限公司等为代表的企业相继开发出新型智能虫情测报灯,对常见病虫害的识别率达到80%以上。新型智能虫情测报灯在病虫害信息自动获取、识别的基础上,增加了病虫害危害程度的自动评估和未来发生趋势的预测^[52],初步实现了病虫草害监测自动化、预报智能化和服务信息化,推动了农作物病虫害精准测报的发展。

用昆虫性信息素监测和防控害虫是20世纪60年代发展起来的一种害虫绿色防控技术,具有高效、无污染、不杀伤天敌等优点。近年来,信息技术也促进了智能化性诱测报设备的研发,利用昆虫性信息素专一性、敏感性的特点,结合图像识别、自动计数、远程通讯等物联网技术研发的害虫性诱智能测报系统(装备),具有专一性强和自动化水平高的特点,尤其适合趋光性弱的昆虫^[29]。以宁波纽康生物技术有限公司、北京中捷四方生物科技股份有限公司、深圳百乐宝生物农业科技有限公司等为代表的公司相继研发出了二化螟、稻纵卷叶螟、玉米螟、草地贪夜蛾、棉铃虫、斜纹夜蛾、小菜蛾等智能性诱监测设备。自2021年起,江苏省在全省范围内开展稻纵卷叶螟、草地贪夜蛾、斜纹夜蛾智能性诱监测设备“聚点成网”工作,构建了省内智能性诱监测系统网络,田间运用初显成效,为实现精准监测、高效防控奠定了基础^[53]。全国农业技术推广服务中心开发了面向全国的农作物重大害虫性诱智能测报系统,通过智能性诱设备的自动监测、实时传输,实现了全国农作物重大害虫自动智能联网监测。截至2022年2月,全国部署安装各类智能测报系统(设备)4 600多台套,自动记录积累了7年的田间监测数据,极大提高了重大害虫监测预警的准确性、时效性和智能性^[54]。

为规范病虫害监测工具,提高病虫草测报工作的科学性,2022年全国农业技术推广服务中心组织制定了《农作物病虫害监测设备技术参数与性能要求》行业标准,规范了常用监测设备的技术参数和性能要求^[55]。为推动病虫草测报工作智能化、数字化、精准化发展,为基层测报站点选好配好病虫害监测设备提供参考,2023年全国农业技术推广服务中心组织相关企业对生产的智能化监测设备的图像自动识别与自动计数准确率、性诱诱虫能力和自动计数准确率进行现场测试,评比生产中智能监测设备的优势和不足,促进了智能虫情监测设备行业的健康有序发展。

2.3.2 田间智能采集设备

为提高病虫害数据采集和传输效率,近年来,全国农业技术推广服务中心联合多家企业开发了多种田间移动采集设备,并在生产中投入应用,推进病虫草测报自动化和信息化的进程。通过边研发边推广应用的“农作物重大病虫害数字化监测预警系统”,田间调查数据可通过手机端直接上传到国家农作物重大病虫害数字化监测预警系统平台,极大地提高了病虫害信息传输效率,在重大迁飞性、流行性病虫害的监测预警中发挥了重要作用^[56]。基于大数据、人工智能和深度学习技术的病虫害移动智能采集设备——“智宝”,集田间数据自动采集、分类识别、分析上报于一体,可实现病虫害的自动精准识别、自动计数、病虫害发生严重程度智能评估,并将病虫害发生地点、发生程度和微环境因子等数据实时自动采集和上报,并可对病虫害发生趋势进行辅助分析预测^[57]。2023年中国水稻研究所与企业合作研发了病虫害AR智能测报仪,AR眼镜可以进行病虫害图像和视频的采集,语音控制智能识别与计数,使病虫害测报调查简单、高效、精准、数据可追溯,与传统人工识别计数、纸笔记录相比,使用AR眼镜测报大幅降低了专业技能依赖度,提高了工作效率。随着信息技术的发展、病虫害鉴定识别能力的提升、数据的积累和算法的改进,田间智能采集设备也会得到快速发展,在重大病虫害自动化、智能化监测预警中发挥更加重要的作用。

2.3.3 智能识别APP

病虫害的准确识别是进行种群动态监测,揭示灾变规律和科学指导防控的基础。目前病虫害田间和灯下的鉴定和识别工作主要依靠少数植保专家和农技人员,而具有农作物病虫害诊断知识的植保专家人数有限,也没有足够的时间和精力深入一线

指导,基层经验丰富的农技人员也面临青黄不接的局面。因此,亟需便捷的农作物病虫害智能识别工具,以提高病虫测报的准确率^[58]。随着智能手机的普及和通信技术、图像处理技术、模式识别技术在病虫害诊断领域中的应用,利用手机拍摄病虫害并进行实时识别已成为研究的热点^[59]。

中国科学院合肥智能机械研究所和全国农业技术推广服务中心等单位基于图像处理技术和深度学习技术合作开发了一款用于农作物病虫害智能识别的“随识APP”,通过拍照或上传图像可实现农作物主要病虫害的识别,识别率为66%~90%,并可获取相应病虫害的防治决策和服务信息^[3,49]。杭州睿坤科技有限公司基于卷积神经网络技术,通过大数据和AI深度学习技术,建立的作物病虫害识别系统,开发了“慧植农当家APP”,可以精准快速地识别病虫害,主要病虫害的田间识别准确率达90%以上,该企业还针对植保体系的现状与需求研发了软硬件结合的智慧田间植保调查服务系统“睿宝”系列。中国农业大学与企业合作开发了“植保家APP”,可以对39种作物的212种重要病虫进行识别^[60]。北京绿富隆农业科技发展有限公司联合中国农业科学院植物保护研究所等多家科研单位,合作研发“烽火惠农APP”,并开发智能植保服务平台搭载病虫害智能识别、植保知识、专家咨询、防治服务四大功能,运用图像深度学习算法,构建出准确率高的自动识别模型。随着病虫害智能化识别准确率的提高,智能识别有望替代专业化人工诊断,将会大大提高病虫害监测预警和科学防控水平^[58]。

3 智能化病虫测报系统的应用实践

3.1 病害智能化实时预警系统

物联网技术促进了病害实时预警系统的开发、推广和应用。2008年,在全国农业技术推广服务中心的支持下,重庆市首次引进比利时马铃薯晚疫病实时监测预警系统并进行本土化开发。2014年全国农业技术推广服务中心开发建成了基于农田小气候自动观测仪,物联网技术和专业预警系统的中国马铃薯晚疫病实时监测预警系统,目前已在全国马铃薯主产区得到了广泛的推广应用,实现了马铃薯晚疫病的全国联网监测,大大提高了马铃薯晚疫病预警的时效性和准确性^[30]。西北农林科技大学胡小平教授团队研制了小麦赤霉病自动监测预警系统,该系统由小麦赤霉病预报器和预警软件平台组成,利用该系统可实时获取麦田环境因子数据,并结合

初始菌源量自动预测赤霉病发生程度。该系统已在陕西、江苏、河南、湖北、安徽等地进行了应用试验评估,黄淮麦区预测准确度达90%以上^[31,61]。中国农业科学院植物保护研究所与北京黄将军科技有限公司联合研发了小麦流行性病害自动化监测仪,该仪器含有光照探头、温湿度探头以及土壤温湿度探头,包含中国农业科学院植物保护研究所在全国主要麦区300多个地点近10年的调查高质量数据,结合气象因子、流行病学相关因子,利用机器学习大数据的技术手段,建立了广适性的预测模型,能够自动化预测白粉病、赤霉病流行性病害的发生规律和趋势,可以在病害发生之前10~20 d,给出预报结果。目前已经在北京、河北、山东、河南、安徽等多个省份进行了推广应用。上述病害监测预警系统主要针对病害发生为本地菌源,发生为害程度依赖于环境因子,实时监测预警准确性较高,而对于像小麦条锈病、玉米南方锈病等由外地菌源迁入造成受害的病害,智能化的实时预警系统还需要进一步研究。

3.2 基于吸虫塔的蚜虫测报预警网络

吸虫塔是一种新型、公益性的植保测报设备,可以用于长期监测小型迁飞性昆虫的时空动态。1964年首次在英国洛桑实验站内使用,并建成全英蚜虫监测网,到1990年在欧洲多个国家相继安装,组成了欧洲蚜虫监测网。20世纪80年代开始,美国陆续在中北部10个州构建了吸虫塔网络系统,用于麦类蚜虫和大豆蚜的发生动态监测,其监控的数据在互联网上实时发布,为上述害虫的防治提供依据^[62-63]。2009年以来,在公益性行业(农业)科研专项“作物蚜虫综合防控技术研究与示范推广”的资助下,我国陆续在东北、华北、华中、西北等地安装了39台吸虫塔,构建了基于吸虫塔的蚜虫测报预警网络,初步形成覆盖小麦和大豆主产区的蚜虫等小型昆虫的吸虫塔网络系统。针对国内外的传统吸虫塔,昆虫标本人工收集和分类工作强度大,难度高,数字化水平低的问题,2021年河南云飞科技发展有限公司开发了基于GIS、物联网、人工智能及大数据分析等先进技术的智能型吸虫塔。实现了小型昆虫图像的自动采集、智能识别计数,支持设备远程管理和监测数据的智能分析,大大提升测报效率和数字化水平,先后在河南、北京、陕西等地进行推广应用。随着全国范围内吸虫塔数量的增加和智能化程度的提升,将来可借鉴欧美的成功经验,建立并运行基于吸虫塔监测的专业网站,把各个吸虫塔的监测数据在网站上实时发布,用于蚜虫等小型迁飞性昆

虫的动态监控和预警,为政府部门和各级植保、科研人员提供参考^[64-65]。

3.3 草地贪夜蛾“空-天-地”一体化监测预警系统

草地贪夜蛾是全球预警的跨洲际迁飞性害虫,自2019年入侵我国以来,对我国的粮食安全生产形成巨大威胁,在国家重点研发项目的资助下,中国农业科学院植物保护研究所组织科研、教学、农技推广和企业等多方力量联合攻关,开展草地贪夜蛾的性诱和灯诱技术的研究和熟化,在草地贪夜蛾周年繁殖区、迁飞过渡区、重点防范区布置性/食诱捕器、灯光诱捕器进行田间种群监测。提出草地贪夜蛾“三区四带”布防阻截策略,在西南华南监测防控带、长江流域监测防控带、黄淮海阻截攻坚带和长城防线,设置高空测报灯,监测诱杀北迁虫源,压低种群基数^[66]。开发了草地贪夜蛾成虫生殖系统发育等级测定智能化识别系统,构建了综合不同环境因子、生物因子等因素的草地贪夜蛾种群动态预测模型及系统,实现草地贪夜蛾发生地、发生期及发生量的精准预测。研发了基于信息技术、计算机视觉技术的害虫种类自动识别系统,解决了害虫智能化鉴定等技术难点;研发了高分辨率昆虫雷达数据处理技术,建立了基于昆虫雷达的害虫迁飞路径模拟系统,建立了以昆虫雷达为核心的迁飞种群动态监测技术体系^[67-68]。初步实现了虫源地-迁飞路径-降落为害地的自动化预警^[48],将其为害范围控制在南方非主产区,主发区为害损失率低于3%,2019年中国被联合国粮农组织选定为全球草地贪夜蛾防控行动示范国家^[69]。草地贪夜蛾“空-天-地”一体化监测预警系统也为我国开展其他重大迁飞性害虫的智能化监测预警提供了范本和技术参考。

3.4 蝗虫智能监测预警系统

蝗虫是世界范围内的重大迁飞性害虫,在全球范围内造成重大灾害的蝗虫主要包括沙漠蝗、澳洲疫蝗和东亚飞蝗等,蝗灾一旦暴发将严重影响粮食安全、生态安全和社会稳定。由于蝗虫的发生范围和为害程度受生境影响较大,基于蝗虫生境实时监测,以及对蝗虫潜在繁殖区和扩散为害区的智能监测系统也相对成熟。如世界粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)建立的沙漠蝗预警与管理系统,通过接入蝗虫调查信息系统并利用遥感和地理信息系统监测生境条件,对较大尺度的沙漠蝗发生进行动态监测,后期又开发了eLocust3工具,提供遥感、绿度和降雨数

据,提高实地调查效率,收集、整理、分析实地调查数据并将其传送至FAO总部的沙漠蝗虫信息处,进行实时反馈,达到及时预警的目的^[70]。澳大利亚疫蝗委员会(Australian Plague Locust Commission)对澳洲疫蝗的监测预警系统也较为成熟,该系统以地理信息系统(GIS)为平台,将天气资料和害虫栖境条件与害虫的迁飞、发育及分布数据进行整合以发布预测并辅助防治决策。该系统呈模块化结构,包括蝗虫生境地图概况、动态监测预警、决策支持系统,其模块的数量和性质可根据目标害虫治理所需的具体资料调整,实现蝗虫自动化监测预警,为澳大利亚实时监测蝗虫种群动态提供技术支撑^[71]。2020年,中国统一网络通信公司创建了基于无人机平台的蝗灾分析预警系统,通过对监测区图像信息分析,实现对虫口密度的监测,达到监测蝗虫预警虫灾的目的^[72]。

4 存在问题与发展趋势

我国病虫测报历经70年的发展,在病虫监测自动化、预报智能化、服务信息化以及植保大数据建设等方面取得明显进展,切实提高了病虫预报信息服务覆盖面、到位率和及时性。虽然病虫测报智能化取得了长足发展,但仍有一些问题还未解决。一是随着遥感技术、物联网、人工智能等现代信息技术在农作物病虫害监测中的应用,来自田间环境和病虫害的多源数据呈现井喷式增长。然而,海量的多源数据尚未发挥应有作用,正因如此,“如何利用多源数据实现农作物病虫害精准预报”成为2022年中国科学技术协会十大产业技术问题之一。二是市场上各种智能化监测设备形成了百家争鸣的状态,但由于数据格式、技术标准、分析手段等不统一,智能监测设备自动采集数据的可靠性、稳定性和兼容性较差,导致收集到的数据难以融通跨库使用。除此之外,病虫害自动识别准确率还需提高;三是针对重大病虫建立的预测模型,大都基于传统建模技术,导致模型精准度不高,实用性不强,在生产上难以得到推广应用,虫情发布主要以经验预测为主,依靠专家会商研判,做出区域性的趋势预报,针对跨地域流行传播的重大病虫害的短期精准预报还有待提高;四是智能化预测预报需要学科的交叉融合,加强既懂人工智能又掌握农业病虫害发生为害规律及暴发成灾机理方面的人才培养和团队建设就显得尤为重要;最后,随着土地规模化种植,新生了以种植专业合作社、家庭农场、农村新型经营合

作组织等新型经营模式,智能化监测工具如何适应与普及到新型生产模式中,预测信息服务如何精准到“最后一公里”的病虫测报服务新模式仍需探讨。

参考文献

- [1] 吴孔明. 我国开启植物保护工作新纪元[J]. 农业知识, 2020(10): 56-58.
- [2] 姚青, 封洪强, 张云慧, 等. 如何利用多源数据实现农作物病虫害精准预报[M]//中国科学技术协会主编. 2022重大科学问题、工程技术难题和产业与技术问题. 北京: 中国科学技术出版社, 2022: 191-303.
- [3] 刘万才, 黄冲. 我国农作物现代病虫测报建设进展[J]. 植物保护, 2018, 44(5): 159-167.
- [4] 刘万才. 病虫测报的研究进展[J]. 植保技术与推广, 1996(4): 41-43.
- [5] 胡小平. 植物病虫害测报学[M]. 北京: 科学出版社, 2022: 1-14.
- [6] 农作物病虫害监测与预报管理办法[Z]. 中华人民共和国国务院公报, 2022(10): 49-52.
- [7] 姜玉英. 我国农作物害虫测报技术规范制定与应用[J]. 应用昆虫学报, 2013, 50(3): 868-873.
- [8] 黄冲, 刘万才. 我国农作物病虫测报信息化发展进程、现状与推进思路[J]. 中国植保导刊, 2018, 38(2): 21-25; 31.
- [9] 姜玉英, 刘杰, 曾娟, 等. 中国棉花害虫测报: 70年回顾[J]. 植物保护学报, 2021, 48(5): 940-946.
- [10] 陈生斗, 胡伯海. 中国植物保护五十年[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 3-4.
- [11] 刘万才. 中国农作物病虫测报50年[J]. 世界农业, 1999(10): 23-25.
- [12] 黄光鹏. “模式电报”在广西病虫测报工作中的应用情况[J]. 广西植保, 1994, 7(4): 31-32.
- [13] 束炎南. 热烈祝贺《病虫测报》公开发行[J]. 病虫测报, 1990(1): 1.
- [14] 邵振润, 刘万才. 我国农作物病虫测报成就回顾及展望[J]. 植保技术与推广, 2000(1): 37-39.
- [15] 刘世栋. 怎样搞好病虫测报[J]. 新农业, 1980(14): 14.
- [16] 郝建军, 曾士迈. 冬小麦病害防治效果模拟模型(ESWDC)的初步设计[J]. 北京农业大学学报, 1990(S1): 60-68.
- [17] 胡伯海, 李厚忠. 我国农作物病虫测报计算机应用的发展[J]. 病虫测报, 1990(3): 38-40.
- [18] 耿济国. 数学模型与病虫测报[J]. 江苏农业科学, 1983(1): 32-35.
- [19] 胡伯海. 数据库在病虫测报中的应用[J]. 病虫测报, 1988(3): 36-41.
- [20] 肖长林, 曾士迈. 作物病虫预测领域中专家系统应用探讨[J]. 病虫测报, 1992(S1): 8-13.
- [21] 张孝羲, 胡全胜, 耿济国. 专家系统与病虫测报[J]. 病虫测报, 1992(S1): 5-8.
- [22] 程登发, 李光博, 倪汉祥, 等. 黏虫测报专家系统 (AWFES) [C]//. 首届全国中青年植物保护科技工作者学术讨论会论文集, 1991: 324-331.
- [23] 王建强, 汤金仪, 谷艳菊, 等. 计算机网络在病虫测报信息传输与管理上的开发应用[J]. 植保技术与推广, 1997(2): 10-12.
- [24] 胡伯海. 全国农作物重大病虫预测预报系统[J]. 计算机与农业, 1996(3): 27-31.
- [25] 张左生. 病虫测报工具开发探索——介绍几种病虫测报工具的应用[J]. 病虫测报, 1992(S1): 61-64.
- [26] 汤金仪, 王建强, 莫肖斌. 一种新型害虫测报工具——昆虫自动诱集器[J]. 植保技术与推广, 2001(3): 9-10.
- [27] 刘万才. 我国农作物病虫害现代测报工具研究进展[J]. 中国植保导刊, 2017, 37(9): 29-33.
- [28] 刘珍, 王菲菲, 李勇华, 等. 智能识别虫情测报灯在蔬菜害虫测报上的应用效果[J]. 中国植保导刊, 2022, 42(8): 37-41.
- [29] 曾娟, 杜永均, 姜玉英, 等. 我国农业害虫性诱监测技术的开发和应用[J]. 植物保护, 2015, 41(4): 9-15; 45.
- [30] 黄冲, 刘万才, 张君. 马铃薯晚疫病物联网实时监测预警系统平台开发及应用[J]. 中国植保导刊, 2015, 35(12): 45-48; 86-87.
- [31] 袁冬贞, 崔章静, 杨桦等. 基于物联网的小麦赤霉病自动监测预警系统应用效果[J]. 中国植保导刊, 2017, 37(1): 46-51.
- [32] 黄冲, 刘万才. 试论物联网技术在农作物重大病虫害监测预警中的应用前景[J]. 中国植保导刊, 2015, 35(10): 55-60.
- [33] 兰玉彬, 邓小玲, 曾国亮. 无人机农业遥感在农作物病虫害诊断应用研究进展[J]. 智慧农业, 2019, 1(2): 1-19.
- [34] 张超, 康秦. 无人机遥感监测作物病虫害研究进展[J]. 农业与技术, 2022, 42(3): 47-49.
- [35] 郭伟, 李成伟, 王锦翔, 等. 基于无人机成像高光谱的棉叶螨为害等级估测模型构建[J]. 植物保护学报, 2021, 48(5): 1096-1103.
- [36] LIU W, CAO X R, YAN Z Y, et al. Detecting wheat powdery mildew and predicting grain yield using unmanned aerial photography[J]. Plant Disease, 2018, 103(10): 1981-1988.
- [37] LIU W, SUN C, ZHAO Y, et al. Monitoring of wheat powdery mildew under different nitrogen input levels using hyperspectral remote sensing[J/OL]. Remote Sensing, 2021, 13(18): 3753. DOI: 10.3390/rs13183753.
- [38] 周小杰, 任广波, 陈宗强, 等. 基于无人机多光谱遥感技术监测松材线虫病的实验研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2023, 46(3): 106-109; 113.
- [39] 宋勇, 陈兵, 王琮, 等. 无人机遥感监测作物病虫害研究进展[J]. 棉花学报, 2021, 33(3): 291-306.
- [40] SCHAEFER G W. Radar studies of locust, moth and butterfly migration in the Sahara[J]. Proceedings of the Royal Entomology Society of London, 1969, 34(33): 39-40.
- [41] DRAKE V A, REYNOLDS D R. Radar entomology: observing insect flight and migration[M]. Oxfordshire: CABI Press, 2012.
- [42] BEERWINKLE K R, WITZ J A, SCHLEIDER P U, et al. An automated, vertical looking, X-band radar system for continuously monitoring aerial insect activity[J]. Transactions of the ASAE, 1993,

- 36(3): 965-970.
- [43] 张智, 张云慧, 姜玉英, 等. 雷达昆虫学研究进展及应用前景[J]. 植物保护, 2017, 43(5): 18-26.
- [44] 张智, 祁俊锋, 张瑜, 等. 迁飞性害虫监测预警技术发展概况与应用展望[J]. 应用昆虫学报, 2021, 58(3): 530-541.
- [45] 张鹿平, 张智, 季荣, 等. 昆虫雷达建制技术的发展方向[J]. 应用昆虫学报, 2018, 55(2): 153-159.
- [46] 李沐阳, 胡程, 王锐, 等. 高分辨全极化昆虫雷达极化校准与昆虫体轴方向估计[J]. 雷达学报, 2023, 12(2): 425-440.
- [47] 陈智勇, 张智, 张云慧. 草地螟的发生为害与监测预警技术研究进展[J]. 应用昆虫学报, 2021, 58(3): 552-564.
- [48] ZHANG H W, ZHAO S Y, SONG Y F, et al. A deep learning and Grad-Cam-based approach for accurate identification of the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in maize fields[J/OL]. Computers and Electronics in Agriculture, 2022, 202: 107440. DOI: 10.1016/j.compag.2022.107440.
- [49] 陈天娇, 曾娟, 谢成军, 等. 基于深度学习的病虫害智能化识别系统[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(4): 26-34.
- [50] 杨荣明, 朱先敏, 朱凤. 我国农作物病虫害测报调查工具研发应用历程与发展建议[J]. 中国植保导刊, 2017, 37(1): 51-55.
- [51] 刘万才, 刘杰, 钟天润. 新型测报工具研发应用进展与发展建议[J]. 中国植保导刊, 2015, 35(8): 40-42.
- [52] 黄冲, 刘万才, 张剑, 等. 推进农作物病虫害精准测报的探索与实践[J]. 中国植保导刊, 2020, 40(7): 47-50.
- [53] 张海波, 周晨, 朱先敏, 等. 江苏省农作物重大害虫智能性诱监测设备“聚点成网”工作初报[J]. 中国植保导刊, 2023, 43(2): 91-94.
- [54] 刘万才, 刘振东, 朱晓明, 等. 我国昆虫性信息素技术的研发与应用进展[J]. 中国生物防治学报, 2022, 38(4): 803-811.
- [55] 中华人民共和国农业农村部. NY/T 4182—2022中国标准书号[S]. 北京: 中国农业出版社, 2022.
- [56] 黄冲, 刘万才, 姜玉英, 等. 农作物重大病虫害数字化监测预警系统研究[J]. 中国农机化学报, 2016, 37(5): 196-199; 205.
- [57] 刘万才, 陆明红, 黄冲, 等. 基于植保大数据的病虫害移动智能采集新设备[J]. 植物医生, 2020, 33(1): 59-64.
- [58] 封洪强, 姚青. 农业害虫自动识别与监测技术[J]. 植物保护, 2018, 44(5): 127-133; 198.
- [59] 王海光. 智慧植保及其发展建议[J]. 中国农业大学学报, 2022, 27(10): 1-21.
- [60] 马文龙, 杨稀乾, 马玥, 等. “植保家”——手机拍照识病虫App[C]//陈万权. 病虫防护与生物安全——中国植物保护学会2021年学术年会论文集. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2021: 224.
- [61] 宋瑞, 王嘉荟, 袁冬贞, 等. 小麦赤霉病自动监测预警系统应用效果评价[J]. 植物保护, 2020, 46(3): 215-219.
- [62] ALLISON D, PIKE K S. An inexpensive suction trap and its use in the aphid monitoring network[J]. Journal of Agricultural Entomology, 1988, 5: 103-107.
- [63] CULLEN E. Soybean aphid suction trapping[C]//Proceeding of the 2006 Wisconsin Fertilizer, Agrilime & Pest Management Conference, 2006: 108-114.
- [64] 苗麟, 郑建峰, 程清泉, 等. 基于吸虫塔(Suction Trap)的蚜虫测报预警网络的构建[J]. 应用昆虫学报, 2011, 48(6): 1874-1878.
- [65] 乔格侠, 秦启联, 梁红斌, 等. 蚜虫新型预警网络的构建及其绿色防控技术研究[J]. 应用昆虫学报, 2011, 48(6): 1596-1601.
- [66] 姜玉英, 刘杰, 杨俊杰, 等. 2019年草地贪夜蛾灯诱监测应用效果[J]. 植物保护, 2020, 46(3): 118-122; 156.
- [67] 陆宴辉, 刘杨, 杨现明, 等. 中国农业害虫综合防治研究进展: 2018年—2022年[J/OL]. 植物保护: 1-27. <https://doi.org/10.16688/j.zwbh.2023207>.
- [68] 吴孔明. 中国草地贪夜蛾的防控策略[J]. 植物保护, 2020, 46(2): 1-5.
- [69] 徐树仁, 刘万才, 曾娟, 等. 我国植物保护70年回顾与展望[J]. 中国植保导刊, 2021, 41(4): 29-32.
- [70] 黄文江, 董莹莹, 赵龙龙, 等. 蝗虫遥感监测预警研究现状与展望[J]. 遥感学报, 2020, 24(10): 1270-1279.
- [71] DEVESON T, HUNTER D. The operation of a GIS-based decision support system for Australian locust management[J]. Entomologia Sinica, 2002(4): 1-12.
- [72] 王佳宇, 杜波波, 高书晶, 等. 草原蝗虫监测预警技术的研究进展[J]. 植物保护学报, 2021, 48(1): 65-72.

(责任编辑:高蕾)

中旗股份拟扩建氯虫苯甲酰胺、噁唑酰草胺原药项目

2023年10月16日,淮安国瑞化工有限公司年产2 700 T农药扩产改造项目环境影响评价文件在相关网站受理公示。

为适应市场需求、进一步提高产品竞争优势,建设单位拟增资12 268万元在淮安工业园区盐南大道2号国瑞化工有限公司现有厂区内扩建年产2 700 T农药扩产改造项目,产品包括1 500 T氯虫苯甲酰胺和1 200 T噁唑酰草胺,同时,产生副产品410 T盐酸、425 T亚硫酸钠。拟建两产品均为农药原药,氯虫苯甲酰胺用作杀虫剂,噁唑酰草胺用作除草剂,均属于低毒、高效、安全、环境友好型农药。

淮安国瑞化工有限公司是江苏中旗科技股份有限公司(简称“中旗股份”)的全资子公司,主要从事现代新型高效低毒低残留农药的研发、生产和销售。

(来源:世界农化网)