

2013—2022年我国水稻病虫害发生特点与绿色防控技术集成

卓富彦^{1,2}, 陈学新³, 夏玉先⁴, 傅强⁵, 王甦⁶, 徐红星⁷, 胡飞⁸, 张杰^{1*}

(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. 全国农业技术推广服务中心, 北京 100125; 3. 浙江大学昆虫科学研究所, 杭州 310058; 4. 重庆大学生命科学学院, 重庆 400030; 5. 中国水稻研究所, 杭州 310006; 6. 北京市农林科学院植物保护研究所, 北京 100097; 7. 浙江省农业科学院植物保护与微生物研究所, 杭州 310021; 8. 安徽省农业科学院植物保护与农产品质量安全研究所, 合肥 230031)

摘要: 水稻是我国第一大粮食作物, 水稻病虫害防治直接关系到粮食稳产增产。本文在对 2013 年至 2022 年全国植保专业统计资料的分析基础上, 总结回顾了水稻病虫害发生种类和特点、发生面积和为害损失等情况, 分类梳理了水稻病虫害防治面积、挽回损失以及主要措施应用等防控概况, 尤其是针对近年来生态调控、天敌保护和利用等绿色防控技术应用面积和发展趋势进行了研判总结, 同时分别从技术覆盖、内容集成等角度分析探讨了水稻病虫害绿色防控技术发展成效, 并对下一步绿色防控工作提出了思考和建议, 旨在为我国未来水稻安全生产提供相应参考。

关键词: 水稻病虫害; 发生特点; 绿色防控; 技术集成

中图分类号: S476 文献标识码: A 文章编号: 1005-9261(2024)05-1207-07

The Occurrence Characteristics of Rice Diseases and Insect Pests and the Integration of Green Control Technology in China from 2013 to 2022

ZHUO Fuyan^{1,2}, CHEN Xuexin³, XIA Yuxian⁴, FU Qiang⁵, WANG Su⁶, XU Hongxing⁷, HU Fei⁸, ZHANG Jie^{1*}

(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. National Agricultural Technology Extension and Service Center, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100125, China; 3. Institute of Insect Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China; 4. College of Life Science, Chongqing University, Chongqing 400030, China; 5. National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China; 6. Institute of Plant Protection, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China; 7. Institute of Plant Protection and Microbiology, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China; 8. Institute of Plant Protection and Agro-products Safety, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China)

Abstract: Rice is the largest grain crop in China, and the control of rice diseases and insect pests are directly related to stable and increasing food production. Based on the analyses of the statistical data of plant protection in China from 2013 to 2022, this paper has summarized and reviewed the occurrence types, characteristics, areas and actual yield loss of rice diseases and insect pests and sorted out the control overview of rice diseases and insect pests, such as the control area, recovery yield loss, and the application of main control measures. In particular, the application area and development trend of green control technologies, such as ecological regulation, natural enemy's protection and utilization are summarized. Meanwhile, This paper has analyzed and discussed the achievements of green control of rice diseases and insect pests from the perspectives of technology coverage and integrated content, put forward some suggestions for the next step of green control, aiming at providing references for the safe production of rice in China in the future.

收稿日期: 2023-09-18

基金项目: 国家重点研发计划 (2021YFD1401100)

作者简介: 卓富彦, 硕士, 农艺师, E-mail: zhuofuyan@agri.gov.cn; *通信作者, 研究员, E-mail: zhangjie05@caas.com.

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2023.11.011

Key words: rice diseases and insect pests; occurrence characteristics; green control; technology integration

民以食为天，食以谷为先。中国是水稻大国，是世界上最大的稻米生产国和消费国，年均稻谷产量和消费量均占世界近三成，60%以上的人口以稻米为主食，常年种植面积为 3000 万 hm^2 左右，约占到我国农作物总播种面积 20% 以上，水稻生产事关国家口粮安全、百姓福祉和社会稳定^[1,2]。2013 年以来，受到全球气候变暖、种植业结构调整、生产方式改变、栽培品种更替等诸多因素影响，我国稻区病虫害持续发生为害，年平均发生面积超过 0.8 亿 hm^2 次，特别是稻飞虱、稻纵卷叶螟、二化螟以及稻瘟病、水稻纹枯病等“三虫两病”发生范围广、为害程度重，对水稻安全生产、农业稳产增收带来直接威胁。近年来，随着我国农业进入绿色高质量发展阶段，各级植保部门认真落实“预防为主、综合防治”的植保方针，大力推进绿色防控和统防统治融合发展，围绕健康栽培、生物防治、生态调控、物理防治等绿色防控技术，不断强化技术研发、示范和推广，积极开展技术培训、指导与服务，有效控制病虫害暴发为害，全力保障水稻生产绿色安全。

1 发生特点

目前，我国常见的农作物病虫害种类多达 1500 余种，常年需要防治的有 100 余种^[3]。水稻常见病虫害有 90 多种，大都具有跨区流行、突发暴发、致灾性强等特性，严重影响水稻产量和品质。主要病害稻瘟病在我国各稻区都有发生，尤以早晚露雾大、光照少的山区发病重，可感染水稻不同部位，以穗颈瘟造成损失最为严重；水稻纹枯病在各稻区均有分布，但以长江以南稻区发生较为普遍，在整个生育期都可发生，在抽穗期发病最盛，引起鞘枯和叶枯，严重时引起整株腐烂、成片枯死。主要害虫稻飞虱常年在长江中下游及以南稻区发生为害，能直接取食水稻汁液，引发“虱烧”“冒穿”“黄糖”等症状，同时能传播水稻黑条矮缩病等多种病毒病，间接造成受害损失；二化螟在我国各稻区均有发生，其中在长江中下游流域及其以南稻区发生较重，通过钻蛀叶鞘和茎秆为害，造成“枯心”“枯鞘”“白穗”等现象；稻纵卷叶螟广泛分布在我国各稻区，其中南方稻区发生严重，主要为害水稻叶片，幼虫啃食后，仅留白色表皮，造成叶片刮白。

1.1 发生面积

据 2013—2022 年植保专业统计数据进行分析，2013 年以来，全国水稻病虫害年均发生面积 0.80 亿 hm^2 次，水稻病虫害发生总体呈下降趋势，发生面积从 2013 年的 0.97 亿 hm^2 次下降到 2022 年的 0.62 亿 hm^2 次（图 1）。病害发生面积从 2013 年的 0.27 亿 hm^2 下降到 2022 年的 0.18 亿 hm^2 ，为害面积多年持续减少。虫害发生面积从 2013 年的 0.70 亿 hm^2 次降到 2022 年的 0.43 亿 hm^2 次，为害面积多年稳中有降。2013 年以来，水稻主要病害纹枯病和稻瘟病的年均发生面积分别为 1597.34 万 hm^2 次和 357.92 万 hm^2 次，整体约占到病害年均总面积 79.55%；水稻主要虫害稻飞虱、稻纵卷叶螟和二化螟的年均发生面积分别为 0.20 亿 hm^2 次、0.14 亿 hm^2 次和 0.13 亿 hm^2 次，整体约占到虫害年均总面积 85.75%。

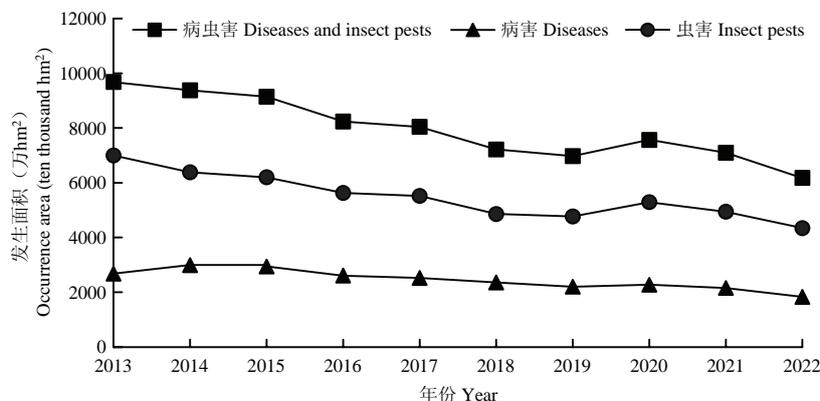


图 1 2013—2022 年全国水稻病虫害发生面积

Fig. 1 The occurrence area of rice diseases and insect pests in China from 2013 to 2022

1.2 为害损失

如图2所示,自2013年以来,全国水稻病虫害造成的年均实际产量损失330.25万t,其中虫害实际造成损失较大,年均损失为181.05万t,高于病害(149.20万t)。病虫害引起的实际产量损失总体呈下降趋势,从2013年412.62万t下降到2022年的240.68万t,下降趋势较为明显,自2018年以后,年实际产量损失稳定在270万t左右。在病害中,水稻纹枯病(88.90万t)、稻瘟病(33.90万t)造成年均实际产量损失占比较大,分别为59.59%、22.72%。在虫害中,稻飞虱(64.06万t)、二化螟(55.10万t)、稻纵卷叶螟(35.07万t)造成年均实际产量损失占比较大,分别为35.38%、30.43%、19.37%。

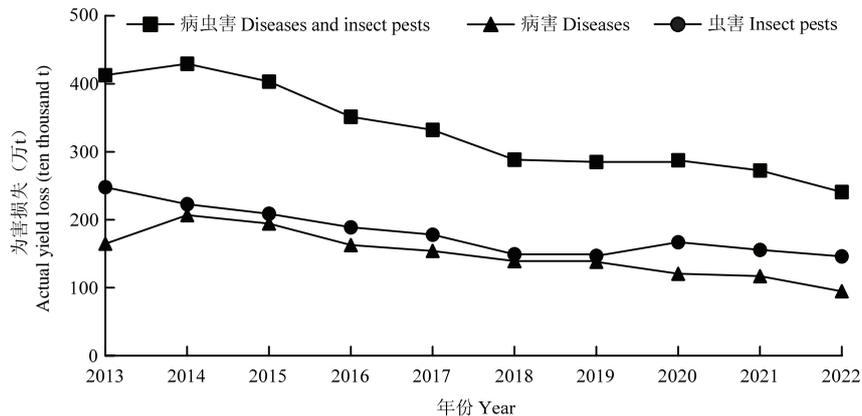


图2 2013—2022年全国水稻病虫害造成的产量损失

Fig. 2 The actual yield loss caused by rice diseases and insect pests in China from 2013 to 2022

1.3 分区发生特点

根据水稻病虫害发生规律和为害特点,结合地理气候条件和生产布局要素,我国的水稻病虫害发生防控区域可主要划分为华南双季稻区、长江中下游(西南、黄淮、北方)单季稻区、长江中下游单双季混栽稻区,各地按照分区治理策略,因地制宜地采取不同的防病治虫措施。①华南双季稻区:重点防治稻飞虱、稻纵卷叶螟、二化螟、稻瘟病、水稻纹枯病、稻曲病、南方水稻黑条矮缩病、白叶枯病,同时做好穗腐病、锯齿叶矮缩病、橙叶病、三化螟、稻瘿蚊、跗线螨的防治;②长江中下游单季稻区:重点防治二化螟、稻飞虱、稻纵卷叶螟、大螟、稻瘟病、水稻纹枯病、稻曲病、黑条矮缩病,同时做好条纹叶枯病、水稻线虫病、穗腐病的防治;③西南单季稻区:重点防治稻飞虱、二化螟、稻纵卷叶螟、稻瘟病、水稻纹枯病、稻曲病、恶苗病,同时做好黏虫、稻叶蝉、三化螟、南方黑条矮缩病、穗腐病、胡麻叶斑病的防治;④黄淮单季稻区:重点防治二化螟、稻飞虱、稻瘟病、水稻纹枯病,同时做好稻纵卷叶螟、条纹叶枯病、穗腐病、鳃蛆的防治;⑤北方单季稻区:重点防治稻瘟病、水稻纹枯病、恶苗病、二化螟,同时做好稻曲病、立枯病、青枯病、穗腐病、细菌性褐斑病、叶鞘腐败病、白叶枯病、负泥虫、稻螟蛉、稻蝗的防治;⑥长江中下游单双季混栽稻区:重点防治二化螟、稻飞虱、稻纵卷叶螟、水稻纹枯病、稻瘟病、稻曲病、穗腐病、恶苗病、南方水稻黑条矮缩病、白叶枯病、细菌性基腐病,同时做好大螟、稻瘿蚊、稻蓟马、稻叶蝉、水稻线虫病、紫秆病、跗线螨的防治。

2 防控成效

2.1 防控面积

如图3所示,自2013年以来,全国水稻病虫害年均防控面积1.27亿 hm^2 次,防控面积从2013年的1.48亿 hm^2 次下降到2022年的1.04亿 hm^2 次,目前总体稳定在1.10亿 hm^2 次左右。水稻病害年均防控面积0.52亿 hm^2 次,防控面积从2013年的0.52亿 hm^2 次降到2022年的0.44亿 hm^2 次,目前总体稳定在0.48亿 hm^2 次。水稻虫害年均防控面积0.75亿 hm^2 次,防控面积从2013年的0.96亿 hm^2 次降到2022年的0.60亿 hm^2 次,目前总体稳定在0.66亿 hm^2 次。

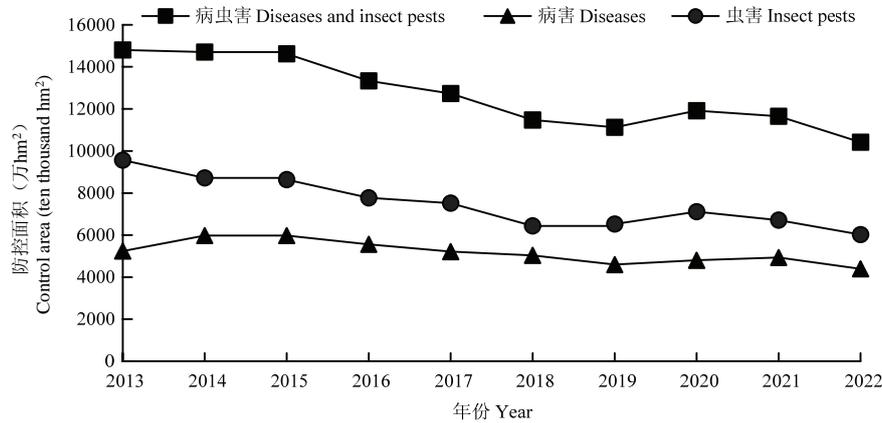


图 3 2013—2022 年全国水稻病虫害防控面积

Fig. 3 The control area of rice diseases and insect pests in China from 2013 to 2022

2.2 挽回产量损失

如图 4 所示, 自 2013 年以来, 全国水稻病虫害年均挽回产量损失 2808.54 万 t, 其中防治虫害挽回产量损失较大, 年均挽回产量损失为 1606.96 万 t, 显著高于病害(1201.58 万 t)。在病害中, 水稻纹枯病(713.12 万 t)、稻瘟病(304.88 万 t)的挽回产量损失占比较大, 分别为 59.35%、25.37%。在虫害中, 稻飞虱(563.15 万 t)、二化螟(451.54 万 t)、稻纵卷叶螟(367.04 万 t)产量挽回损失占比较大, 分别为 35.04%、28.10%、22.84%。

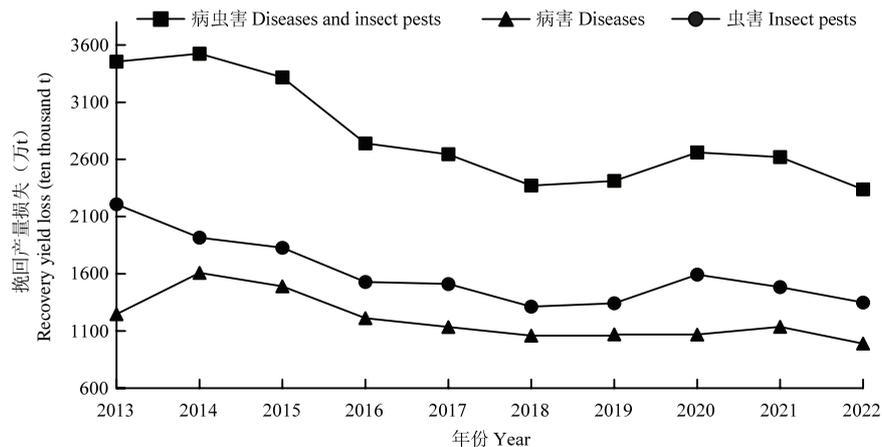


图 4 2013—2022 年全国水稻病虫害防治的挽回产量损失

Fig. 4 The recovery yield loss of rice diseases and insect pests in China from 2013 to 2022

2.3 主要防治措施应用面积

水稻病虫害主要防控措施可划分为化学防治、物理防治、生物防治、生态调控等, 其中化学防治包括种子处理、土壤处理以及常规化学施药等, 物理防治包括灯光诱杀、放置黄蓝板、使用昆虫信息素、设置防虫网等, 生物防治包括人工饲放天敌、微生物农药、植物源农药、农用抗生素、生长调节剂等。总体来看, 随着国家大力推动农作物病虫害绿色防控, 社会各界高度重视农产品质量安全, 化学防治应用面积逐步下降, 而生物防治、物理防治等绿色防控技术面积稳步上升, 有力支撑农业全面绿色转型^[4]。如图 5 所示, 自 2013 年以来, 全国水稻病虫害年均化学防治面积为 9507.92 万 hm² 次, 化学防治面积整体呈下降趋势, 从 2014 年的 11590.77 万 hm² 次下降到 2022 年的 7638.97 万 hm² 次, 尤其是 2018 年以来, 下降趋势较为明显。水稻病虫害年均物理防治面积为 403.78 万 hm² 次, 整体应用面积逐步扩大, 从 2014 年的 179.11 万 hm² 次上升至 2022 年的 1321.10 万 hm² 次, 尤其是 2021 年以来, 出现明显的上升趋势。水稻病虫害年

均生物防治面积为 2756.50 万 hm^2 次，应用面积总体稳步上升，从 2014 年的 2241.19 万 hm^2 次上升至 2022 年的 3249.76 万 hm^2 次，近年来稳定在 3200 万 hm^2 次左右。自 2018 年以来，水稻病虫害生态调控面积稳步提升，近年来稳定在 800 万 hm^2 次左右。

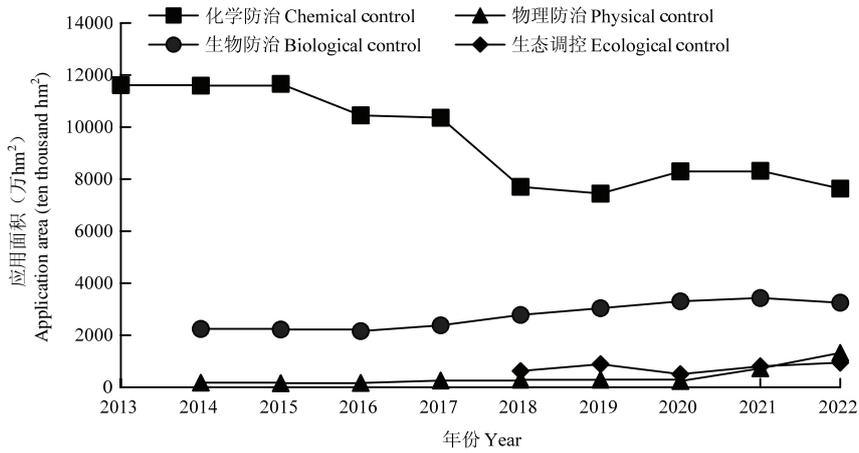


图 5 2013—2022 年全国水稻病虫害主要防治措施应用面积的统计结果

Fig. 5 Statistical results of the application area of main control measures for rice diseases and insect pests in China from 2013 to 2022

2.4 绿色防控覆盖率

病虫害绿色防控覆盖率是指农作物生长过程中，实施病虫害绿色防控面积占该作物种植面积的百分比^[5]。自 2019 年开始，农业农村部制定发布《农作物病虫害绿色防控评价指标及统计方法（试行）》，要求各省按照技术先进性、综合防控效果、安全性评价、综合管理措施等评价指标，评估统计并逐年上报本省各农作物绿色防控实施面积，进而科学规范地评价全国农作物绿色防控工作。如图 6 所示，我国农作物病虫害绿色防控面积和覆盖率稳步上升，其中水稻病虫害绿色防控面积从 2019 年的 1246.61 万 hm^2 增加到 2022 年的 1583.20 万 hm^2 ，覆盖率从 2019 年的 41.60% 提高到 2022 年的 55.22%，并且水稻病虫害绿色防控覆盖率连续多年位居三大粮食作物首位。

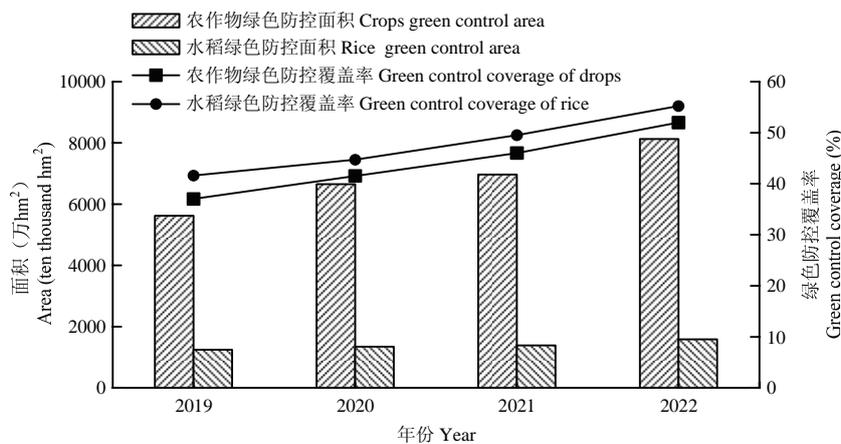


图 6 2013—2022 年全国水稻病虫害绿色防控覆盖率

Fig. 6 The coverage rate of green control of rice diseases and insect pests in China from 2013 to 2022

3 技术集成

近年来，各地植保部门大力践行“预防为主、绿色为本、分区治理、综合控害”的防控策略，狠抓水稻病虫害绿色防控，突出以平衡稻田生态系统、增强自然控害能力为重点，以选用抗（耐）病虫品种、开展健身栽培为基础，优先采用生态调控、理化诱控、生物防治等非化学防治技术，合理应用高效低风险农

药应急防治, 集成推广了一系列“生态、绿色、高效”的绿色防控技术模式, 不断丰富和完善水稻病虫害绿色防控技术体系^[6,7]。

3.1 农艺措施

在种植抗(耐)稻瘟病、稻曲病、白叶枯病、稻飞虱等水稻品种基础上, 通过加强健身栽培, 注重水肥管理, 清除带病稻草, 保持田园清洁, 进而确保土壤和秧苗健康, 促进水稻健壮生长。在早春绿肥田、冬闲田的螟虫蛹期, 开展翻耕灌水灭蛹, 灌深水浸没稻桩, 推行低茬收割, 秸秆粉碎后还田, 进而减轻害虫为害^[8]。

3.2 生态调控

在田边种植茭白、秕谷草、游草等载体植物, 保留田埂及沟边的禾本科杂草, 为稻田害虫的天敌提供越冬场所。种植芝麻、硫华菊、大豆、黄秋葵等蜜源植物, 为寄生性天敌提供食物和补充营养。在田边、机耕道边成行种植香根草等诱集植物, 引诱二化螟和大螟产卵钻蛀, 减轻螟虫暴发为害, 丰富稻田生物多样性, 增强农田生态系统自然控害功能^[9]。

3.3 理化诱控

在南方水稻黑条矮缩病等病毒流行区, 采用防虫网或无纺布, 全程覆盖育秧, 物理阻隔介体昆虫。在二化螟、大螟越冬代成虫始见期和稻纵卷叶螟主害代始蛾期, 至当季或全年末代成虫发生期, 集中连片使用专一、缓释、稳定的昆虫性信息素诱芯并配合干式诱捕器, 进行群集诱杀, 也可采用性信息素智能喷施装置, 通过大量释放性信息素到环境中, 干扰水稻害虫的求偶和交配行为, 进而降低病虫害种群基数^[10]。

3.4 生物防治

积极保护蜘蛛、蜻蜓、黑肩绿盲蝽、绒茧蜂、隐翅虫等稻田天敌, 充分发挥自然天敌的控害作用。人工释放稻螟赤眼蜂, 用于寄生二化螟、稻纵卷叶螟成虫的卵块, 降低害虫幼虫量和种群量。推行稻鸭共育等稻渔综合种养, 通过鸭子、青蛙等取食活动, 控制稻飞虱、福寿螺扩散为害。在稻田病虫害发生初期, 优先选用枯草芽孢杆菌、苏云金芽孢杆菌、金龟子绿僵菌、球孢白僵菌、印楝素、苦参碱、甘蓝夜蛾核型多角体病毒等生物农药进行预防控制^[11-14]。

3.5 化学防治

移栽前施用内吸性药剂, 实行带药移栽, 预防稻瘟病、螟虫、稻蓟马、稻飞虱及其传播的病毒病等。孕穗末期至破口齐穗期, 施药预防稻瘟病、水稻纹枯病、稻曲病、穗腐病、叶鞘腐败病等病害以及螟虫、稻飞虱等虫害。化学防治以预防和控害为目的, 采取化学药剂浸种、拌种以及苗床处理, 减少生长后期用药, 水稻移栽后尽量推迟首次施药时间, 充分发挥水稻分蘖期的植株补偿功能, 放宽稻纵卷叶螟等害虫的防治指标, 同时注意化学药剂交替轮换使用, 有效延缓抗药性产生^[15]。

4 发展与展望

病虫害绿色防控是农业绿色发展的重要内容, 事关农产品质量安全、农业生态环境安全和国家粮食安全。自2006年原农业部在湖北召开的全国植保工作会议上提出“公共植保、绿色植保”的发展理念以来, 各地积极调整优化水稻病虫害防控策略, 通过集成防控技术模式、建立绿色防控示范区、实施整县制示范创建、开展技术宣传培训等举措, 大力推进水稻病虫害绿色防控, 为农业绿色发展做出了突出贡献。但由于水稻病虫害演替特点和规律不明、绿色防控手段和产品不多、绿色优质稻米生产和供给不够, 这都对未来水稻病虫害的绿色防控工作提出了更高的标准和更严的要求, 下一步, 各级植保部门需要围绕水稻重大病虫害, 着力提高绿色防控意识, 加强绿色防控技术集成, 不断扩大绿色防控覆盖率, 助力“虫口夺粮”保丰收。

4.1 提高防控意识, 明晰病虫害演替规律

据联合国粮食及农业组织(FAO)测算, 全世界每年因病虫害造成的农作物产量损失高达40%, 而水稻病虫害可造成15%~30%的稻谷产量损失, 因此, 要坚持底线思维和系统观念, 持之以恒地抓好水稻病虫害防控。近年来, 一方面, 经过多年综合治理, 二化螟、稻瘟病等传统病虫害呈现相对平稳态势, 但受到气候环境、耕作制度等影响, 局部成灾、整体突发的风险仍然存在; 另一方面, 稻秆潜蝇、稻叶蝉、稻

瘿蚊、细菌性基腐病、紫秆病、根结线虫病等次要害虫发生面积增加、适应性增强、发生频次增多,水稻病虫害防控难度日益增大。这要求植保部门增强植保防灾减灾的预见性,做好精准监测、动态预警,系统开展相关测报技术和调查方法研究,开发储备绿色防控技术,更新完善防治技术体系,不断提高防控处置能力。

4.2 加强技术攻关, 熟化技术模式集成

传统的水稻绿色防控技术相对单一零散、集成程度不高,距离国外标准化、规范化的防控技术还存在差距,技术实用性有待提高,因此,亟需开展“科研-生产-开发-推广-应用”等跨学科、跨领域协同攻关,通过以解决绿色防控技术瓶颈问题为导向,以水稻全生育期病虫害防控为主线,推进“低成本、可复制、可推广”技术研发。同时要按生态区域、病虫种类,分区建立技术集成示范展示区,推动技术叠加整合、配套融合,因地制宜地熟化集成水稻绿色防控技术模式,为农户提供水稻病虫害防治“全要素、全过程、全方位”解决方案,切实提升绿色防控技术应用的综合效益。同时,加快制定水稻绿色防控技术规程和产品标准,以标准化引领绿色防控模式熟化升级,推动实现“绿色化、轻简化、精准化”水稻病虫害绿色防控。

4.3 凝聚各级力量, 推进绿色防控落地

近年来,随着《国家质量兴农战略规划(2018—2022年)》《“十四五”全国农业绿色发展规划》《到2025年化学农药减量化行动方案》等系列文件规划出台,加速了水稻病虫害绿色防控发展,产生了一大批“政府推动、技术驱动、市场带动”的技术推广典型。下一步,要继续坚持“政府主导、市场主体”的推广思路,加大对水稻病虫害绿色防控的资金支持力度,统筹利用现有重大病虫救灾转移支付资金、农业项目资金,向水稻实施病虫害绿色防控的服务组织和产品基地倾斜。同时,发动职业农民、家庭农场、专业合作社和农业社会化服务组织等新型农业经营主体的深度参与,进行水稻绿色防控技术推广的覆盖式网联,通过现场指导、人员培训、基地共建等方式,联合开展技术运用和成果转化,相关企业要练好自身内功,维护行业市场秩序,加速绿色防控技术的验证、示范、评价,不断激发推广应用的动能,积极营造水稻绿色防控的良好氛围,全力提升我国水稻产业的质量和效益。

参 考 文 献

- [1] 程式华. 中国水稻育种百年发展与展望[J]. 中国稻米, 2021, 27(4): 1-6.
- [2] 袁隆平. 中国杂交水稻的研究与发展[J]. 科技导报, 2016, 34(20): 64-65.
- [3] 郭予元. 中国农业科学院植物保护研究所, 中国植物保护学会主编. 中国农作物病虫害(上)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015.
- [4] 卓富彦, 张宏军, 刘万才, 等. 我国微生物农药在粮食作物上应用回顾及发展建议[J]. 中国生物防治学报, 2023, 39(4): 747-751.
- [5] 朱恩林, 杨普云, 王建强, 等. 农作物病虫害绿色防控覆盖率评价指标与统计测算方法[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(1): 43-45.
- [6] 程家安, 祝增荣. 中国水稻病虫害草害治理 60 年: 问题与对策[J]. 植物保护学报, 2017, 44(6): 885-895.
- [7] 徐红星, 杨亚军, 郑许松, 等. 二十一世纪以来我国水稻害虫治理成就与展望[J]. 应用昆虫学报, 2019, 56(6): 1163-1177.
- [8] 叶恭银, 方琦, 徐红星, 等. 我国水稻螟虫发生及治理研究进展[J]. 植物保护, 2023, 49(5): 167-180.
- [9] 郑许松, 刘桂良, 陈宇博, 等. 单季晚稻区应用生态工程技术控制水稻主要害虫的实践[J]. 植物保护学报, 2017, 44(6): 950-957.
- [10] 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.
- [11] 陈学新, 刘银泉, 任顺祥, 等. 害虫天敌的植物支持系统[J]. 应用昆虫学报, 2014, 51(1): 1-12.
- [12] 耿丽丽, 陶岭梅, 张宏军, 等. 苏云金芽胞杆菌安全性的研究进展[J]. 中国生物防治学报, 2021, 37(1): 2-10.
- [13] 夏玉先, 罗义辉, 金凯. 高毒力杀虫真菌基因工程菌株选育的进展与方向[J]. 中国生物防治学报, 2011, 27(1): 1-5.
- [14] 何佳春, 胡阳, 张明, 等. 中国南方稻区半翅目害虫寄生蜂物种多样性及群落结构分析[J]. 应用昆虫学报, 2022, 59(5): 1096-1108.
- [15] 郭荣. 一类农作物病虫害防控技术手册[M]. 北京: 中国农业出版社, 2021.

(责任编辑: 张莹)