

◆ 综述与专论 ◆

# 水稻病害防控现状及对策建议

杨雪<sup>1</sup>, 徐会永<sup>1</sup>, 臧昊昱<sup>1</sup>, 冯晓霞<sup>2</sup>, 潘锐<sup>1</sup>, 谷春艳<sup>1\*</sup>, 高同春<sup>1\*</sup>

(1. 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; 2. 霍邱县植物保护植物检疫站, 安徽六安 237400)

**摘要:** 水稻病害是影响水稻产量和品质的主要因素, 水稻的安全生产是关系到我国社会稳定和国家安全的战略问题。本文分析了水稻病害的防控现状, 并就化学防控为主的各种防控措施进行了总结分析, 以期对水稻病害的可持续防控提出对策和建议。

**关键词:** 水稻; 病害; 防控建议; 杀菌剂

中图分类号: S 481 文献标志码: A doi: 10.3969/j.issn.1671-5284.2022.03.001

## Current Situation and Countermeasures of Rice Disease Control

YANG Xue<sup>1</sup>, XU Huiyong<sup>1</sup>, ZANG Haoyu<sup>1</sup>, FENG Xiaoxia<sup>2</sup>, PAN Rui<sup>1</sup>, GU Chunyan<sup>1\*</sup>, GAO Tongchun<sup>1\*</sup>

(1. Institute of Plant Protection and Quality Safety of Agricultural Products, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China; 2. Huoqiu Plant Protection Plant Quarantine Station, Anhui Lu'an 237400, China)

**Abstract:** Rice diseases are the main factors affecting rice yield and quality, and the safe production of rice is a strategic issue related to social stability and national security in China. This paper analyzed the current situation of rice disease prevention and control, summarized and analyzed various prevention and control measures mainly based on chemical prevention and control, in order to put forward countermeasures and suggestions for sustainable prevention and control of rice disease in this paper.

**Key words:** rice; diseases; prevention and control suggestions; fungicide

水稻是我国主要的粮食作物之一, 常年播种面积稳定在3 000万hm<sup>2</sup>左右, 产量稳定在2亿t以上<sup>[1]</sup>。水稻的安全生产是关系到我国社会稳定和国家安全的战略问题, 而水稻病害是影响水稻产量和品质的主要因素, 因水稻病害造成的产量损失和品质下降直接影响到水稻生产和人畜安全。

针对水稻病害的主要防控措施包括抗性品种的培育、病害的预测预报、农业防控、生物防控和化学防治等措施。由于水稻抗性种质资源、病害预测预报及农业防控措施的局限性, 在病害大流行年份, 化学防治一直是控制各种水稻病害的主要手段, 但化学药剂的过量、盲目施用, 不仅增加农业生产成本, 影响水稻的品质和生态环境安全, 还会导致

病原菌产生抗药性, 引起病害再猖獗, 严重制约了我国水稻产业的绿色可持续发展。为了更有效地防治各种水稻病害, 本文针对当前我国水稻病害的防控现状和今后可能的发展方向进行了分析和总结, 并提出了相应的对策和建议, 为进一步研究高效防控水稻病害提供参考。

## 1 水稻病害发生情况及防治现状

### 1.1 水稻主要病害发生情况

据不完全统计, 水稻上的侵染性病害多达上百种, 常见的也有十多种<sup>[2]</sup>, 主要有稻瘟病、纹枯病、稻曲病等真菌性病害和白叶枯病、细菌性条斑病、穗枯病等细菌性病害, 以及水稻条纹病毒、南方水稻

收稿日期: 2022-04-01

基金项目: 安徽省农业科学院团队项目(2022YL027); 安徽省自然科学基金面上项目(1908085MC95); 国家重点研发计划(2016YFD0200806)

作者简介: 杨雪(1987—), 女, 安徽六安人, 硕士, 副研究员, 主要从事病害鉴定及防控技术研究。E-mail: yangxue2121@163.com

通信作者: 谷春艳(1982—), 女, 安徽宿州人, 硕士, 副研究员, 主要从事农作物病害鉴定及技术措施研究。E-mail: guchunyan0408@163.com

共同通信作者: 高同春(1962—), 男, 安徽安庆人, 博士, 研究员, 主要从事农产品质量安全和植物保护方面的研究。E-mail: gtczbs@sina.com

黑条矮缩病等病毒病害和水稻根结线虫、水稻干尖线虫病等线虫病害。近年来,我国水稻病害的发生范围不断扩大,在防治投入量逐年增加的情况下,近年来我国每年因水稻病害造成的稻谷损失仍达到200万t以上<sup>[2]</sup>。根据2010—2020年《全国植保专业统计资料》分析,我国水稻生产上的三大主要病害水稻纹枯病、稻瘟病和稻曲病在我国水稻主产区造成的产量损失分别约为102.5万、37.49万和12.17万t,由水稻白叶枯病造成的产量损失约为2.42万t,水稻病毒病造成的产量损失约为5.1万t<sup>[3]</sup>。其中,南方水稻黑条矮缩病毒是一种近年来在我国长江以南广大稻区普遍发生的新型病毒病害<sup>[4-5]</sup>。水稻条纹叶枯病广泛分布在江苏、云南、福建、山东等18个地区,在流行严重年份甚至引起绝收<sup>[6]</sup>。拟禾本科根结线虫在我国的河南、安徽、江苏、江西、四川、湖南、湖北、福建、广东、广西、云南等多地区的水稻产区大面积发生,造成高达73%的水稻产量损失<sup>[7]</sup>。从全国范围看,2010—2020年,我国水稻五大产区主要病害的防治面积与发生面积的比例均超过1,最高达到了13.18,产量损失挽回率基本都在80%以上,挽回率相对较低的是水稻病毒病和白叶枯病<sup>[3]</sup>,如安徽省近两年水稻主要病害的发生面积约为3 000万亩次,防治面积约为6 000万亩次,每年用于防治水稻病害的杀菌剂商品量约为1 800万t。虽然水稻主要病害发生较平稳,整体呈现逐年下降趋势,但过去的次要病害有发生加重的情况,真菌性穗腐病、细菌性基腐病、细菌性穗枯病和胡麻叶斑病等病害发生面积逐年扩大,危害损失呈加重趋势<sup>[8]</sup>,且不断出现的新病害同样威胁着水稻的安全生产,如近年来发生的由菠萝泛菌和肠杆菌导致的细菌性病害已见于多个省份的水稻产区<sup>[9-13]</sup>;由新月弯孢霉引起的水稻弯孢霉叶斑病症状与稻瘟病类似,已在安徽多地出现<sup>[14]</sup>,对水稻的产量和质量造成了不同程度的影响。

## 1.2 水稻病害防治现状

### 1.2.1 水稻病害杀菌剂登记概况

据统计,水稻已成为目前我国防治用药量最多的作物<sup>[8]</sup>,农药施用量大约占到中国农药总消费量的15%左右,且进入2000年以后,对比近30年的用量,增长了近4倍<sup>[15]</sup>。2010—2020年,我国水稻五大产区的主要病害防治面积与发生面积比例均超过1,最高达到了13.18<sup>[3]</sup>。根据中国农药信息网的登记信息,截至2022年2月,我国水稻上已登记杀菌剂信息多达

2 536条,其中单剂信息1 475条,如吡唑醚菌酯、啶菌酯、戊唑醇、咪鲜胺等;混剂信息1 061条,如苯甲·啶菌酯、戊唑·咪鲜胺、肟菌·戊唑醇等。登记药剂以化学药剂为主,生防制剂偏少。针对真菌性病害防控的药剂占比最大,针对细菌性病害及其他类型病害的防控药剂甚少,其中防治稻瘟病的有1 017条,纹枯病的有1 240条,稻曲病的有211条,白叶枯病的有19条,细菌性条斑病的有25条,条纹叶枯病的有22条,水稻干尖线虫病的有10条,南方黑条矮缩病尚无登记信息。同时,很多登记信息多为相同有效成分的不同浓度、不同剂型和不同厂家的登记信息。

近年来多个农药品种因环境及安全等问题,先后退出市场,新近登记和上市的杀菌剂如新型吡啶酰胺类杀菌剂(Fenpicoxamid),其与现有谷物杀菌剂如甲氧基丙烯酸酯类、三唑类、琥珀酸脱氢酶抑制剂(SDHD)类杀菌剂无交互抗性;新型吡啶酰胺类杀菌剂氟啶唑菌胺(Fluidapyr)适用作物众多,可用于稻瘟病等的防治,同时还能提高作物产量;吡啶类杀菌剂Aminopyrifin杀菌谱广,可防治稻瘟病、纹枯病等,且与现有杀菌剂如SDHI类、甲氧基丙烯酸酯(QoD)类、甾醇脱甲基抑制剂(DMD)类、苯并咪唑类、二甲酰亚胺类、嘧啶胺类等均无交互抗性,可用于抗性治理;苯并噻唑类杀菌剂(Dichlobentiazox)可用于防治水稻稻瘟病、纹枯病、白叶枯病、细菌性谷枯病等,并已在水稻上登记使用。喹啉类杀菌剂(Ipflufenquin)已被证实对稻瘟病高效,且能兼治水稻稻曲病和生长后期其他叶部病害等,其还用于抗性治理,可有效防治对现有药剂产生抗性的一些病原菌<sup>[16]</sup>。

### 1.2.2 水稻病害防治技术概况

水稻病害的主要防控措施包括重大病害的预测预报、抗性品种的选育和种植、农业防治、物理防治、化学防治、生物防治等一系列措施<sup>[17-18]</sup>。重大病害的预测预报是根据植物病害流行规律分析、推测未来一段时间内病害分布扩散和为害趋势的综合性科学技术,已经成为植保的常态化工作,如稻瘟病、水稻白叶枯病等的预测预报,且目前应用病害图像识别技术等开展田间病害的自动化监测并及时发布病害动态情况的研究越来越多<sup>[19-22]</sup>。抗性品种的选育主要针对难以防控的一些病害,如抗稻瘟病、抗白叶枯病水稻品种的选育等,但品种选育进程缓慢,且存在长期栽培单一品种造成抗性易丧失等问题,因此各产区应密切注意当地稻瘟病、白叶枯病的优

势病原小种变化,合理布局种植不同遗传背景的水稻品种;水稻上农业防治主要是栽培方式的多样化和栽培管理措施,如稻虾、稻鸭、稻鱼、稻蟹共育减少纹枯病等,用防虫网阻隔介体昆虫传播病毒病等;物理防治则是有助于提高生物多样性和改善农业生态环境等;生物防治是一种利用有益生物或其他生物来抑制或消灭有害生物的防治方法,目前多为使用生物农药,其具有环境友好、安全的优点,但农业防治、物理防治、生物防治都不及化学防治的效果显著,存在着见效慢、不稳定及环境依赖性较强的缺陷<sup>[2]</sup>,因此在农业生产实践中,化学防治仍在病害防治中占据主导地位。在农业生态可持续发展的大环境下,在此基础上发展起来的绿色综合防控措施则是综合了生态调控、农艺栽培措施、生物防治、物理防治和应急性精准化学防治等措施的一套综合技术体系<sup>[23]</sup>。目前,各产区水稻病害的防控仍以化学防治为主导,辅助其他手段以控制病害的大发生,绿色综合防控措施的推广应用仍有一定的局限性<sup>[8]</sup>。

## 2 水稻病害防治对策

### 2.1 加强植物检疫及病害预测预报

加强植物检疫是贯彻预防为主,避免病害随种子、种苗等进行远距离传播的一项重要措施。加大植物检疫,避免从病区引种,减少由种子带菌引起的水稻病害的发生和跨区域蔓延,对于种传病害的控制具有重大意义。病害预测预报是提前做好病害防控,指导农民及时准确用药,避免病害大流行,造成大面积减产和品质下降的重要措施。

### 2.2 加快抗性品种的选育

抗性品种的选育是防治植物病害最经济、有效的途径,选育和推广具有不同病害抗性的水稻品种可以从根本上避免或减轻病害的发生和发展,因此,对重大病害的抗性水平一直是水稻品种选育的一项重要指标<sup>[24-27]</sup>。然而,实际操作中存在水稻主要病害的抗性种质资源有限、抗性改良进程缓慢、抗性品种抗性易丧失等问题,无法满足生产中对抗性品种的需求。

### 2.3 重视农业防治

合理的栽培及肥水管理措施,不仅可以增强水稻的抗病性,较好地控制一些重大病害的发生与发展,如稻瘟病和纹枯病,还可以利用一系列的栽培管理技术,从农事操作措施上破坏病原菌的生存

环境,如清除病残体,可消灭越冬菌源,大大降低病害发生几率。对于种传的病害,如水稻恶苗病、白叶枯病和细菌性条斑病等,对种子进行精选和播种前的处理等农事措施都是减轻发病的重要手段<sup>[28-29]</sup>。

### 2.4 高效化学防治

化学防治是一种快速、高效的病害防治方法,科学规范地使用化学农药,是绿色化学防控的根本。目前市场上化学农药种类繁多,不少农户缺乏必要的理论基础知识,出现盲目用药,过量用药,长期使用单一产品,用药时间不准确,不遵守农药使用安全间隔期,不合理混配等诸多问题<sup>[30]</sup>,进而导致了一系列的环境安全和食品安全等负面问题。在绿色化学防控体系下,这些问题就迫使我们去思考应该如何科学合理地使用化学农药,最大限度降低使用农药造成的负面影响<sup>[30-31]</sup>。在未来的化学农药研发中,高效、低毒、低残留是新型农药的基本要求,选用一些高效、低毒、低残留的化学农药成为化学防控的必然趋势。

此外,由于长期单一使用同一种或同一类农药导致的抗药性问题日趋严重<sup>[28]</sup>。加强农药抗药性监测与治理,优化集成农药轮换使用、交替使用、精准使用和安全使用等配套技术,注意轮换用药,避开抗药性等问题也是化学防控中必须面对的一个重大难题。据2020年全国农业有害生物抗药性的监测结果表明,稻瘟病菌已对甲氧基丙烯酸酯类药剂产生零星抗性,在某些地区水稻恶苗病则对氰烯菌酯抗性严重,因而建议生产中使用甲氧基丙烯酸酯类药剂防治稻瘟病时,注意与稻瘟灵、三环唑、咪鲜胺等其他不同作用机理的杀菌剂交替、轮换使用<sup>[30]</sup>。在氰烯菌酯抗性严重的地区,应停止使用氰烯菌酯及其复配药剂;在其他地区也要注意氰烯菌酯与戊唑醇、咪鲜胺等三唑类、琥珀酸脱氢酶抑制剂类或咯菌腈等其他不同作用机理的杀菌剂混配或轮换使用,延缓其抗药性的发展<sup>[31]</sup>。因而,加强对农药的使用管理,认真落实《农药经营许可管理办法》的规定,严肃惩处违反农药使用规定的行为,同时加大对科学使用农药的培训力度,开展形式多样的宣传指导<sup>[33]</sup>,普及规范使用农药的知识,做到科学用药,高效防控,同时又把化学防控的副作用降到最低。

### 2.5 提倡生物防治

在倡导绿色高质量发展、生产无公害农作物的大环境下,生物防治在水稻病害防控中起到越来越重要的作用。2020年3月19日,农村农业部制定了

《我国生物农药登记有效成分清单(2020版)》(征求意见稿),以便更好地管理生物农药产业。目前水稻上登记的生物农药主要是微生物农药、植物源农药、抗生素农药、生物化学农药,天敌生物较少。根据中国农药信息网,活体微生物杀菌剂以枯草芽孢杆菌、蜡质芽孢杆菌、解淀粉芽孢杆菌、多粘类芽孢杆菌和甲基营养型芽孢杆菌等芽孢杆菌类生防菌为主,但生防药剂的现代化发展依然存在很多问题<sup>[34]</sup>,如研发的人员和资金投入相对不足,专利保护力度不够,缺乏相关生产标准,现有的施用技术和施用器械与生防药剂匹配度不够,因而生防药剂的市场应用量远不及化学农药。生防药剂和化学药剂不论在作用机制和化学性质上都存在巨大的差异,但主流市场的施用技术和施用器械是针对化学药剂进行设计和改良的,未必适合生防药剂,必然会对生防药剂防效的发挥产生不利影响。今后在进一步研究生防药剂的同时,应开展基于水稻品种抗性、栽培控害结合科学用药、组合用药等技术的集成研究<sup>[34-37]</sup>,与栽培措施相结合,配合先进的植保工具,结合对田间用药时间、区域和用量的精准掌握,以发挥生物防治在稻米质量和农业生态环境安全的重要作用,更好地实现水稻生产向安全高效的方向可持续性发展<sup>[34]</sup>。

## 2.6 推行绿色防控

绿色防控是在2006年全国植保工作会议上提出的“公共植保、绿色植保”理念的基础上,根据“预防为主、综合防治”建立的植保方针。绿色综合防控强调在建立具有自我控害能力的平衡生态系统前提下,综合利用一系列措施减少化学农药防治压力,以促进农作物的绿色安全生产。尽管采用绿色防控技术造成了提高病虫害损失率,导致一定程度的减产等消极影响,但整体而言,采用绿色防控技术所带来的价值提升弥补了因病虫害引致的产量损失,提高了稻农的经济收益<sup>[38]</sup>。应用推广试验也表明绿色综合防控技术可以有效地控制病虫害的危害。绿色防控作为一个实现现代可持续集约农业的重要环节,将其落实到稻田生态系统治理实践中是今后水稻病害治理的重要内容。

## 3 展望

### 3.1 推进新型杀菌剂的研发

长期以来,对于病害的前期预防工作重视程度不够,对于某些病害的早期预防处理不及时、不充

分,导致了目前病害治理主要还是依靠化学农药,但长期的化学农药施用带来了一系列的环境问题和抗药性问题。随着环境安全、农产品质量安全等一系列要求的不断提升<sup>[39]</sup>,新型绿色、高效、低毒杀菌剂的研发和使用成为了必然趋势。因此,推进新型作用机理杀菌剂的研发,以及通过新技术、新材料、新助剂等多种手段提高农药制剂的药效<sup>[40-41]</sup>,开发高效农药施用器械和技术,可以有效减少化学农药的频繁使用,同时通过积极开发植物源农药、农用抗生素、植物诱抗剂等生物生化制剂,加速研发绿色生态高效制剂和助剂体系<sup>[42]</sup>,减少化学农药的使用量,减缓单一用药的抗药性问题,这对于未来水稻病害的防控必不可少。

### 3.2 促进绿色综合防控措施的实施

绿色高质量发展是我国农业发展的主要方向和必然要求,绿色综合防控措施在促进标准化生产,降低农药使用风险,提升农产品质量安全水平、保护生态环境和促进农业可持续发展等方面意义重大。

当前,我国农业正处在由传统农业向现代农业转型的关键时期,为有效控制有害生物危害,防治技术和治理策略已经历了从化学防治、初级综合防治和综合治理到生态治理等多个阶段的发展。然而,尽管在有效控制有害生物对当季作物危害上取得了良好成绩,每年挽回稻谷损失数千万吨,但多病共发、重要病害抗药性突出等问题,仍严重地威胁到粮食安全和生态安全。为确保水稻生产的可持续集约发展,加快推进农业农村现代化,更好地服务于现代农业发展和乡村振兴,植物保护研究必须从建设健康稻田生态系统总体目标出发,努力提升稻田生态系统自然调控功能,抓住重点区域和关键时期,做好病害流行关键期的防控,主推绿色综合防控技术,注重科学、安全、合理用药,推进专业化防治,把农药残留污染控制到允许水平以下,实现水稻病害的可持续治理<sup>[8,28,40]</sup>。在向现代农业不断推进的过程中,水稻作为我国的主要粮食作物,其病害防控对于水稻的安全生产至关重要,对于社会稳定和国家粮食安全的重要性更加凸显。

#### 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;46.
- [2] 刘连盟.稻用生物与化学组合增效杀菌剂的研发和相关机制研究[D].武汉:华中农业大学,2020.

- [3] 元璐,张涛,曾娟,等.近年我国水稻五大产区主要病害发生情况分析[J].中国植保导刊,2021,41(4):37-42;65.
- [4] ZHOU G H, XU D L, XU D G, et al. Southern rice black-streaked dwarf virus: a white-backed lantthopper-transmitted fujivirus threatening rice production in Asia[J]. *Frontiers in Microbiology*, 2013, 4: 270.
- [5] 张彤,周国辉.南方水稻黑条矮缩病研究进展[J].植物保护学报,2017,44(6):896-904.
- [6] 王旭东,吴怀刚,柏新盛,等.水稻条纹叶枯病发生特点及防治技术综述[J].安徽农学通报,2007,13(5):146;126.
- [7] 吕军,王东伟,王剑,等.光合细菌菌剂与噻唑膦协同使用对水稻根结线虫病防治研究[J].植物保护,2022,48(1):328-333.
- [8] 程家安,祝增荣.中国水稻病虫草害治理60年:问题与对策[J].植物保护学报,2017,44(6):885-895.
- [9] YAN H, YU S H, XIE G L, et al. Grain discoloration of rice caused by *Pantoea ananatis* (synonym *Erwinia uredovora*) in China[J]. *Plant Disease*, 2010, 94(4): 482-482.
- [10] XUE Y, HU M, CHEN S S, et al. *Enterobacter asburiae* and *Pantoea ananatis* causing rice bacterial blight in China[J]. *Plant Disease*, 2021, 105: 2078-2088.
- [11] 王琦.水稻新致病菌*Pantoea ananatis*的分离鉴定[D].合肥:安徽农业大学,2018.
- [12] YU L, YANG C D, JI Z J, et al. First report of new bacterial leaf blight of rice caused by *Pantoea ananatis* in southeast China[J]. *Plant Disease*, 2022, 106: 310.
- [13] DING X H, LU C C, HAO M X, et al. First report of new bacterial leaf streak of rice caused by *Pantoea ananatis* in China[J]. *Plant Disease*, 2021, 106(2): 1-4.
- [14] 徐辉,侯冕,檀根甲,等.水稻弯孢叶斑病原鉴定及其生物学特性[J].安徽农业大学学报,2020,47(1):129-134.
- [15] 赵倩倩.中国主要粮食作物农药使用现状及问题研究[D].北京:北京理工大学,2015.
- [16] 顾林玲.新近登记、上市的16种农药品种[J].世界农药,2022,44(3):9-20;46.
- [17] 黎秩群,林忠,黎远文.水稻病虫害绿色防控技术实践与探索[J].农业开发与装备,2021,9:166-167.
- [18] 赵景,蔡万伦,沈栢阳,等.水稻害虫绿色防控技术研究的发展现状及展望[J].华中农业大学学报,2022,41(1):92-104.
- [19] 康丽.基于高光谱成像技术的水稻稻瘟病检测方法研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2021.
- [20] 曹益飞,袁培森,王浩云,等.基于光谱分形维数的水稻白叶枯病害监测指数研究[J].农业机械学报,2021,52(9):134-140.
- [21] 谷嘉乐.基于图像的水稻纹枯病智能测报方法的研究[D].杭州:浙江理工大学,2021.
- [22] 韩雨,刘焕军,张新乐,等.基于冠层光谱的水稻穗颈瘟病害程度预测模型[J].光谱学与光谱分析,2021,41(4):1220-1226.
- [23] 陈加满,王泽报,陈建保.绿色防控措施在水稻病害防治中的应用[J].河南农业,2018(11):21.
- [24] 钟春燕,孟醒,王茂辉,等.广东省常规水稻品种稻瘟病抗性研究与分析[J].广东农业科学,2020,47(2):102-109.
- [25] 吴军.水稻抗稻瘟病的研究进展与防治策略[J].安徽农业科学,2015,43(17):145-146;154.
- [26] 陈晴晴,王春林,张海珊,等.安徽省水稻区试品种稻瘟病和白叶枯病抗性分析[J].中国农学通报,2022,38(3):134-139.
- [27] 杨秀荣,闫双勇,李月娇,等.黄淮稻区水稻品种稻瘟病抗性表现及*Pib*和*Pi5*抗性基因分析[J/OL].分子植物育种,2022-03-18. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20220317.1509.014.html>
- [28] 王冬元.凤台县水稻病害化学防控技术研究[D].合肥:安徽农业大学,2013.
- [29] 陈雨,张爱芳,杨雪,等.机插水稻主要病虫害草害防控的关键技术[J].安徽农业科学,2014,42(4):1009-1010.
- [30] 张帅.2020年全国农业有害生物抗性监测结果及科学用药建议[J].中国植保导刊,2021,41(2):71-78.
- [31] 张帅,邵振润,沈晋良,等.加强水稻主要病虫害科学用药防控的原则和措施[J].农药,2011,50(11):855-857.
- [32] 孟秀红.农药使用存在的问题及科学用药技术[J].现代农业科技,2021(16):140-141.
- [33] 伍雪媚,刘翠萍.水稻病虫害防治中存在的突出问题及防治对策[J].粮油农资,2022(3):7-8.
- [34] 周蒙.中国生物农药发展的现实挑战与对策分析[J].中国生物防治学报,2021,37(1):184-192.
- [35] 陈凤,董红刚,耿跃,等.邗江区水稻主要病虫害防治的组合用药技术研究[J].中国植保导刊,2021,41(11):57-58;79.
- [36] 高杜娟,唐善军,陈友德,等.水稻主要病害生物防治的研究进展[J].中国农学通报,2019,35(26):140-147.
- [37] 王兵.生防菌与杀菌剂联合应用对水稻主要病害病原菌的作用[D].大庆:黑龙江八一农垦大学,2021.
- [38] 李后建,曹安迪.绿色防控技术对稻农经济收益的影响及其作用机制[J].中国人口·资源与环境,2021,31(2):80-89.
- [39] 李富根,朴秀英,廖先骏,等.农药残留国家标准体系建设现状与展望[J].现代农药,2021,20(6):1-5.
- [40] 宋莹,胡宝贵.中国农业绿色防控技术推广研究进展[J].中国农学通报,2020,36(35):150-155.
- [41] 马悦,张晨辉,杜凤沛.农药制剂发展趋势及前沿技术概况[J].现代农药,2022,21(1):1-8.
- [42] 曹冲,黄敢良,曹立冬,等.减施增效农药剂型设计与制剂研发策略[J].世界农药,2021,43(2):1-5.

(责任编辑:金兰)