

水稻病虫害绿色防控技术分类及其应用分析

邓小辉¹, 谭咸彬^{2*}, 凌丙英³, 黄明刚³, 谭 争³

¹湖南省衡阳县洪市镇农业综合服务中心, 湖南 衡阳

²湖南省衡阳市农业农村局, 湖南 衡阳

³衡阳县农业农村局, 湖南 衡阳

收稿日期: 2025年12月29日; 录用日期: 2026年1月26日; 发布日期: 2026年2月5日

摘 要

水稻作为全球最重要的粮食作物之一, 其生产安全直接关系到粮食供给与社会稳定。然而, 在生产过程中, 病虫害的频发与暴发已成为制约产量与品质的重要因素。传统化学防治虽能在短期内取得显著成效, 但长期依赖导致抗药性加剧、生态环境退化以及农产品安全隐患突出。绿色防控技术以生态协调为核心, 强调多元化、系统化与可持续性, 通过农业、物理、生物、生态调控及抗性品种选育等手段协同作用, 实现对病虫害的有效控制和生态环境的保护。本文系统分析了水稻常见病虫害发生特点及绿色防控技术的分类与应用, 旨在为构建高效、安全、可持续的水稻病虫害管理体系提供技术参考与实践依据。

关键词

水稻, 病虫害, 绿色防控

Classification and Application Analysis of Green Control Technologies for Rice Pests and Diseases

Xiaohui Deng¹, Xianbin Tan^{2*}, Bingying Ling³, Minggang Huang³, Zheng Tan³

¹Agricultural Comprehensive Service Center of Hongshi Town, Hengyang Hunan

²Hengyang Municipal Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Hengyang Hunan

³Hengyang County Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Hunan Province, Hengyang Hunan

Received: December 29, 2025; accepted: January 26, 2026; published: February 5, 2026

*通讯作者。

文章引用: 邓小辉, 谭咸彬, 凌丙英, 黄明刚, 谭争. 水稻病虫害绿色防控技术分类及其应用分析[J]. 农业科学, 2026, 16(2): 217-222. DOI: 10.12677/hjas.2026.162029

Abstract

As one of the most important food crops globally, rice production safety is directly related to food supply and social stability. However, frequent and outbreak-like pest and disease occurrences during production have become significant constraints on yield and quality. While traditional chemical control methods can achieve notable short-term results, long-term reliance leads to increased drug resistance, ecological degradation, and prominent safety hazards in agricultural products. Green control technologies, centered on ecological coordination, emphasize diversification, systematization, and sustainability. Through synergistic approaches involving agricultural practices, physical controls, biological interventions, ecological regulation, and resistant variety breeding, these technologies effectively manage pests and diseases while protecting the ecological environment. This paper systematically analyzes the occurrence characteristics of common rice pests and diseases, as well as the classification and application of green control technologies, aiming to provide technical references and practical guidance for establishing an efficient, safe, and sustainable rice pest and disease management system.

Keywords

Rice, Pests and Diseases, Green Control

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

水稻是世界范围内的主粮作物，也是我国粮食安全的重要支柱。然而，在种植过程中，稻瘟病、白叶枯病、纹枯病等主要病害，以及稻飞虱、稻纵卷叶螟、稻象甲等虫害，常在适宜气候条件下快速繁殖并大面积扩散，对产量和品质造成严重威胁。长期以来，化学农药一直是防治病虫害的主要手段，虽然能够在短时间内显著降低虫口密度、控制病害蔓延，但频繁和过量使用不仅促使害虫和病原菌抗药性增强，还造成土壤与水体污染、天敌种群锐减，并带来农产品安全风险。在绿色农业和可持续发展理念的推动下，水稻病虫害防控正由单一化学治理向多元化、生态化的综合防治转型。绿色防控技术以减少农药依赖、保护生态环境和保障食品安全为目标，融合了农业耕作制度优化、物理诱控、生物防治、生态系统调节以及抗性品种选育等方法，实现了病虫害治理与生态保护的协调统一。深入研究并推广这些绿色防控技术，对于提升水稻产业竞争力、维护农业生态安全、保障国家粮食安全具有重要意义。

2. 水稻常见病虫害概述

2.1. 常见病害

(1) 稻瘟病

稻瘟病由真菌引发，构成水稻种植系统关键危害。病株叶面呈现灰白色椭圆斑块，中央灰白、边缘褐化，严重时叶片枯萎。真菌孢子具备跨器官感染能力，穗部被侵染将阻碍籽粒发育，最终降低产出。适温高湿环境下，病原体传播速率显著加快，防控策略面临严峻压力。

(2) 白叶枯病

这种细菌性病害致病菌沿着叶脉传导机制展开侵染。初期叶片形成透亮浸水斑痕，随着病程发展延

伸为条状褐变区域，最终引发植株系统性枯亡。温暖多雨气候加速病菌通过农具、雨水及种质资源传播，常规防治手段难以实现有效遏阻，通常造成逾 20% 的产量损失。

(3) 纹枯病

纹枯病导致的真菌病害集中于叶鞘部位。病征显现阶段，叶鞘表面散布暗褐色无规则斑点，叶片延伸出带网格纹路的条状病变区。在长期连作、排水不畅的稻田生态中，温度与湿度协同作用刺激病原增殖，破坏植株正常生理机能，阻碍营养物质积累转化。

(4) 细菌性条斑病

细菌性条斑病会诱发典型条斑症候群，叶片初始出现透亮纵纹，逐渐褐化坏死，病健交界处形成黄晕分隔带。高温高湿条件下，灌溉水流成为核心传播媒介，这类环境性扩散导致病害暴发呈现明显季节性特征，直接影响作物光合效率和生殖发育周期[1]。

(5) 稻曲病

稻曲病主要在水稻孕穗至开花期侵染，抽穗扬花期遇雨及低温则发病重。病菌以落入土中菌核或附于种子上的后垣孢子越冬，品种间发病程度存在差异。

2.2. 常见虫害

(1) 稻飞虱

作为水稻主要危害生物，稻飞虱包含褐飞虱与白背飞虱两大类群。其刺吸式口器汲取稻株汁液，引发稻株萎蔫、黄化乃至枯死，高发阶段诱发「飞虱条斑病」；褐飞虱具有超强生存适应性，繁殖周期短促，湿热气候条件常致灾害性爆发；白背飞虱携带植物病毒病源，直接威胁稻米生产总量，防控应整合监测与生态调控手段，降低对化学农药的依赖性[2]。

(2) 稻纵卷叶螟

该虫幼虫阶段啃噬稻叶形成条状枯斑，致使叶片纵向卷曲、光合功能受损。这种现象在水稻抽穗期尤为显著，幼虫常潜藏于叶鞘间隙或折叠叶面内部，隐蔽习性加大防治难度；发育温度阈值范围内种群增殖迅猛，推行生物防控策略，结合科学施肥与栽种密度优化，构成生态治理体系核心要素。

(3) 稻蓟马

体型不足 2 毫米的稻蓟马，成虫与若虫群集吸食叶肉细胞，造成银灰色斑驳与叶片畸变，兼具传播水稻矮缩病毒风险；几何级繁殖速率叠加广泛生态适应性，易引发区域性疫情暴发。鉴于其隐蔽生存策略与耐药性进化特征，强调天敌保育、生物制剂施用、耕作制度改良的综合防治模式具有必要性。

(4) 二化螟

二化螟也叫钻心虫，是水稻主要害虫之一。主要蛀食水稻茎部，不同的水稻生育期有不同的为害。水稻分蘖期，幼龄幼虫群集在枯鞘内，造成水稻枯鞘，后逐渐分散蛀食新叶，形成枯心苗。孕育期幼虫蛀食稻茎，形成枯孕穗；抽穗到扬花期咬断穗颈，产生白穗；灌浆到成熟造成虫株伤害；蛀入茎内易引起风折，造成倒伏。二化螟为害时间长、发生面积广、世代发生叠加及防治抗性等因素，增加了水稻二化螟的防治难度。鉴于这些因素采取农业防治、物理诱控、生物防控、生态调控等综合防控措施降低二化螟对水稻的为害损失[3]。

3. 当前防控现状与存在的问题

3.1. 传统化学防治的优势与弊端

化学农药长期占据水稻病虫害防治核心地位，该方式具备药效显著、施用便捷、经济性突出等特征。突发性病虫害发生时，化学制剂能快速压制种群规模，稳定作物产量预期。频繁使用化学农药引发的

负面效应不容忽视,田间节肢动物抗性种群进化速率提升,药剂敏感性阈值持续上移,防控投入产出比逐年递减。残留活性成分经食物链转移后,既存在致癌致畸风险隐患,亦会改变根际微生物的代谢途径,降低农田生态系统稳定性。

3.2. 防治方式单一、抗药性加剧

多数稻区延续单一化学防控模式,未能建立综合防治体系。害虫对某类药剂形成抗性后,防效大幅衰减;种植者被迫提升施药频次和浓度,触发剂量攀升循环。单一防控策略仅作用于病虫发生表象,无法通过生态位调控降低病虫害暴发潜能,这种末端治理模式难以满足农业可持续发展需求。

3.3. 环境污染与农产品安全问题

化学农药的持续性施用引发多重环境风险,土壤系统污染、水体富营养化现象并存;非目标生物如天敌昆虫种群受损,生态位平衡遭破坏。稻米中涕灭威、毒死蜱等有机磷代谢产物残留量超出国标限量时,不仅触发贸易技术壁垒,更会通过生物蓄积作用威胁哺乳动物神经传导功能。环境载荷与质量安全双重压力倒逼防控体系转型,推动绿色防控技术从理论构想到田间实践的转化进程。

4. 绿色防控技术分类与应用

4.1. 农业防控措施

(1) 科学轮作与耕作调控

通过周期性更换种植作物类型,可以有效中断病虫害的生态链,减少土传病害的发生与蔓延。在水稻生产中,轮作不仅有助于抑制病原菌数量的积累,还能改善土壤理化性质,增强其自我修复能力。例如,水稻与旱作作物的轮作模式,有利于切断特定病虫害的寄主关系,减轻病虫害基数。同时,在收获后及时处理稻茬,将其翻埋于较深的土层,能够破坏病虫害越冬场所,减少次年初期的虫源压力。此类深翻还可促进有机质的分解与养分的再利用,改善土壤通透性与持水性能,从而优化作物生长环境。通过这一系列耕作管理措施,农业生态系统对化学防治的依赖程度逐步降低,绿色生态防控的目标得以稳步推进。

(2) 种植密度与生态调控

合理的密植模式不仅可以提高光能利用效率,还能改善田间通风状况,降低病虫害滋生的适宜性。在适当的行距与株距条件下,水稻群体能够形成良好的通风透光层,从而抑制真菌病害的传播与扩展。过密种植容易导致田间湿度偏高,为多种病虫害的繁殖创造有利条件,因此密度控制在防控中至关重要。

在品种配置上,抗病品种与高产品种的混栽是一种行之有效的生态调控策略,不仅有助于削弱病害的流行,还能增强田块的生态稳定性。此外,通过调整播种时间,避开主要害虫的发生高峰,可在不依赖化学药剂的情况下有效减轻虫害压力。这种综合性的农业调控手段,能够在保障产量的同时,维持生态系统的健康与可持续性。

4.2. 物理防控技术

(1) 诱虫灯、性诱剂、黄板诱杀

物理防控技术通过运用光、色和化学信号等物理因子,实现对害虫的精准引诱与拦截。其中,诱虫灯利用特定波段的紫外光作为信号源,能够在夜间对二化螟、稻飞虱、稻纵卷叶螟等趋光性害虫产生强烈吸引作用。按照稻田面积和虫情密度合理配置设备,并在害虫活动活跃的时段持续开启,可显著提高诱捕效率,降低虫口密度。

性信息素诱捕则通过人工合成并释放与雌虫分泌物成分相同或相似的化合物,在田间营造“虚假信

号”，诱导雄性个体集中聚集，从而打乱其交配节律，阻断繁殖链条。该方法常与诱虫灯、专用诱捕器协同应用，形成多通道、多环节的干扰与捕获体系，对害虫种群动态形成持续压制。

黄板诱杀技术利用害虫的趋色性，将黄色基材与高黏性胶黏剂结合，设置在田间适宜高度，可有效捕获飞虱、蓟马等小型害虫。通过合理布局与定期更换，可维持较高的持续诱杀能力。三种物理防控手段的联合应用，不仅能减少化学农药的施用次数与用量，还能在不破坏稻田生态平衡的前提下，实现病虫害的有效控制，体现了绿色防控的可持续发展理念。

(2) 太阳能杀虫灯应用

太阳能杀虫灯利用太阳能电池板将光能转化为电能，为夜间的诱虫和电击装置提供动力。其核心机制是通过特定波段的光源吸引趋光性害虫，如稻飞虱、螟虫等，害虫在接近光源时被高压电网瞬间击杀。由于能源来自可再生的太阳能，该设备在长期使用过程中几乎不产生额外能源成本，既环保又经济。

在实际应用中，太阳能杀虫灯具有自动化程度高、适应性强的特点，可根据昼夜变化和光照强度自动启停，减少人工管理压力。同时，其在工作过程中不释放化学成分，对稻田环境及非靶标生物的干扰较小，有助于维持田间生态平衡。与其他物理防控措施(如性诱剂、黄板诱杀等)相结合时，太阳能杀虫灯能够形成持续稳定的防控网络，对害虫种群的抑制作用更为显著。该技术的推广，为水稻生产中的节能减排与绿色防控提供了重要支撑。

4.3. 生物防控技术

(1) 天敌昆虫应用(赤眼蜂、蜘蛛等)

天敌昆虫是生物防控的重要组成部分，在稻田害虫的自然控制中发挥着核心作用。赤眼蜂(*Trichogramma* spp.)属于内寄生蜂类群，其防控机理是将卵产于害虫卵内，从而阻止害虫的孵化过程，尤其对二化螟、稻纵卷叶螟、稻飞虱等具有显著的防治效果。通过人工繁殖并定期释放，可在害虫种群高发期形成有效的生物屏障，使害虫密度维持在经济危害阈值以下。

蜘蛛群体作为稻田中常见的捕食性天敌，其捕食对象涵盖害虫的多个生活史阶段，包括成虫和幼虫。蜘蛛分布广泛、适应性强，在田间生态系统中能够长期保持稳定的捕食压力，对害虫种群形成持续抑制。为促进天敌昆虫的生存与繁衍，可采取护边植物栽培、减少高毒广谱农药使用、延长无农药干扰期等生态调控措施，从而为天敌提供栖息、取食和繁殖的良好条件。在此基础上，田间生态网络的稳定性得以增强，生物防治作用更持久且可持续。

(2) 微生物制剂使用(Bt、白僵菌等)

微生物农药依托微生物及其代谢产物对害虫产生作用，兼具专一性和环境友好性。在水稻病虫害防控中，苏云金芽孢杆菌(*Bacillus thuringiensis*, Bt)是一类应用广泛的昆虫病原细菌，通过在害虫消化道内释放毒素，破坏其肠道细胞结构，导致取食中断并最终死亡。该制剂对稻纵卷叶螟低龄幼虫的防效尤为突出，对非靶标生物和环境的影响极小。

白僵菌(*Beauveria bassiana*)属于昆虫病原真菌，能够通过孢子附着并穿透害虫表皮，随后在体内繁殖并释放毒素，破坏害虫的代谢系统，最终导致其死亡。该类真菌在温暖湿润的环境下感染效率更高，适宜与农田水分管理和气候条件相结合进行施用。微生物制剂与天敌昆虫的协同应用，可以在不同生态位对害虫形成多层次、多阶段的压制作用，构建出稳定而高效的生物防控体系，从而减少对化学防治的依赖，实现绿色、可持续的害虫管理目标。

4.4. 生态调控技术

(1) 稻鸭共作、稻鱼共养

稻鸭共作是通过在水稻田中引入家鸭,使其在田间自然觅食害虫、杂草及部分病残稻株,从而实现病虫害和杂草的生物防控。鸭类活动不仅能够减少害虫基数,还能在踩踏和搅动水面的过程中促进土壤的通气性和透水性,为稻根生长提供更佳的环境条件。鸭群在取食过程中减少了农田内的害虫繁殖机会,同时通过排泄物为水稻提供有机养分,形成营养循环,降低了外源化肥的投入需求。此外,鸭群的活动还可扰动害虫的隐蔽场所,从而打破害虫的生境稳定性,延缓害虫的生命周期进程。

稻鱼共养是在稻田生态系统中引入鱼类,通过其取食水生害虫、幼虫以及部分杂草种子的行为,实现水稻生产过程中的害虫控制和水质改善。鱼类在水体中不断游动,可增加水体溶氧量,抑制厌氧微生物的滋生,减少病害发生风险。其排泄物为稻田提供天然有机肥料,改善土壤结构,提升稻株的抗逆性。稻鱼共养与稻鸭共作的结合,可以在稻田中形成一个多层次的生物调控体系,通过水生与陆生动物的互补性作用,有效稳定农田生态平衡。这种模式不仅减少了化学农药的依赖,还提升了稻米品质与生态价值,契合绿色农业和可持续发展的方向。

(2) 生态种植与多样性建设

生态种植强调作物与非作物生物群落的多样性构建,通过科学配置不同种类和生境类型,形成稳定而多功能的农田生态系统。多样化的作物种植结构,如间作、套作和混作,能够显著分散害虫的取食压力,并改变其迁飞和扩散路径,从而减少集中暴发的风险。例如在水稻田周边或田埂上种植豆科作物,不仅能提升土壤氮素含量,改善水稻的养分吸收,还能为天敌昆虫提供花蜜、花粉等资源,延长其存活时间与捕食能力。

在农田边缘设置由多年生草本、花卉或灌木组成的护田带,可为捕食性昆虫、寄生蜂等提供稳定的庇护和繁殖场所。这些护田带在视觉上对害虫也有一定的干扰作用,使其难以快速找到寄主植物。增加生境多样性不仅提升了天敌种群的数量和种类,还增强了农田生态系统的自我调节能力。多样化的生态环境可以减少单一害虫的种群暴发概率,保障农田在不依赖大量化学投入的条件下,仍能维持较高的生产稳定性。这种方法通过促进生物多样性与农业生产的协同发展,为绿色农业的长期实施提供了坚实的生态基础。

5. 结束语

综上,水稻病虫害的绿色防控技术体系正在不断完善,农业防控、物理捕杀、生物防治、生态调控及抗性品种选育等多元化手段相辅相成。通过科学管理和技术集成,显著提升了病虫害防治效果,减少了农药依赖,保护了生态环境和食品安全。未来需进一步加强绿色防控技术的创新与推广,完善监测预警体系,推动多学科交叉融合,构建高效、经济、环保的病虫害综合管理体系,促进水稻产业的可持续发展。

参考文献

- [1] 刘鹏, 张天翼, 冉鑫, 等. 基于 PBM-YOLOv8 的水稻病虫害检测[J]. 农业工程学报, 2024, 40(20): 147-156.
- [2] 丁士宁. 基于 ResNet50 的水稻病虫害识别[J]. 现代信息科技, 2024, 8(16): 127-130, 135.
- [3] 郭杰. 水稻二化螟发生特点及防治对策研究[J]. 世界农业经济研究, 2025, 6(2): 10-15.