

Occurrence regularity and integrated control strategy of major crop diseases and insect pests under climate change

Shumin Liu Feng Tao Tianyuan Chu Zhibing Yang Xiaori Cui

Shijiazhuang Agricultural Technology Extension Center, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract

Climate change has significantly impacted the stability of agricultural ecosystems and food security, primarily manifested in the increased frequency, expanded distribution, and intensified severity of pest and disease outbreaks. Rising temperatures, altered precipitation patterns, and frequent extreme weather events have led to new trends in major food crops such as rice, wheat, and corn, including earlier occurrence periods, prolonged duration, regional expansion, and enhanced pest resistance. This study systematically analyzes the influence of climatic factors on the reproduction, migration, and epidemic mechanisms of pests and diseases by integrating climate and field monitoring data from the past two decades, revealing their spatiotemporal evolution patterns. The research demonstrates that temperature increases accelerate pest generation turnover, while humidity fluctuations disrupt the host-pathogen balance. In response to these challenges, the study proposes a comprehensive management strategy centered on ecological regulation, precision monitoring, biological control, and green pesticide reduction. It establishes an integrated “monitoring-alert-control” system to provide scientific evidence for pest management and food security under climate change conditions.

Keywords

climate change; pest and disease patterns; food crops; integrated pest management; ecological agriculture

气候变化背景下主要粮食作物病虫害发生规律及综合防治策略

刘书敏 陶峰 楚天元 杨志兵 崔晓日

石家庄市农业技术推广中心, 中国·河北 石家庄 050000

摘要

气候变化对农业生态系统的稳定性与粮食安全造成了显著影响, 主要体现在病虫害发生频率、分布范围及危害程度的加剧。气温升高、降水格局变化及极端气候事件频发, 使水稻、小麦、玉米等主要粮食作物的病虫害呈现出发生期提前、持续期延长、区域扩展与抗药性增强等新趋势。本文结合近二十年气候与田间监测数据, 系统分析气候因子对病虫害繁殖、迁移及流行机制的影响, 揭示其时空演变规律。研究表明, 升温促进害虫世代更替, 湿度波动改变寄主与病原平衡。针对新形势, 提出以生态调控、精准监测、生物防治和绿色减药为核心的综合治理策略, 构建“监测—预警—防控”一体化体系, 为气候变化条件下的病虫害治理与粮食安全保障提供科学依据。

关键词

气候变化; 病虫害规律; 粮食作物; 综合防治; 生态农业

1 引言

全球气候变化显著影响农业生产体系, 温度升高、降水异常及极端气候事件频发, 改变了作物生长环境与病虫害生态格局。病虫害作为农业生态系统中最敏感的指标, 其发生与气候密切相关。FAO 数据显示, 全球约 30%—40% 的粮食损失与病虫害有关, 气候变暖加剧了这一趋势。我国主要粮食作物如水稻、小麦、玉米等在升温背景下, 稻飞虱、小麦条锈病、玉米螟等病虫害呈现北移、提前和加重特征。

研究表明, 平均气温每升高 1℃, 稻飞虱繁殖代数增加 0.5 代, 异常气候年份病虫害损失率上升约 15%。本文在分析气候因子影响机制的基础上, 探讨主要粮食作物病虫害的发生规律与分布变化, 提出综合防治与适应性管理策略, 为农业应对气候变化提供理论支撑。

2 气候变化对主要粮食作物病虫害发生规律的影响

2.1 气温升高对病虫害种群动态的促进作用

气温升高是影响病虫害发生规律的首要因素。较高温度可加速害虫的发育进程, 缩短世代间隔, 提高繁殖频率。以稻飞虱和玉米螟为例, 在年均气温上升 0.8℃ 的条件下,

【作者简介】刘书敏 (1976—), 女, 中国河北石家庄人, 本科, 中级, 从事农学研究。

其繁殖世代增加约1—2代，迁飞范围扩大至更高纬度地区。高温还增强病原真菌的侵染力与繁殖速率，如稻瘟病原菌在28—30℃条件下孢子形成量比常年增加约20%。与此同时，温度升高导致作物抗病性下降，叶片角质层变薄、蒸腾速率加快，为病原侵染提供了生理通道。这种“双向效应”使得病虫害危害周期更长、爆发更频。

2.2 降水变化对病虫害传播环境的影响

降水量与湿度直接影响病原菌的存活率和传播机制。高湿环境有利于叶面病害的扩散，如小麦赤霉病、水稻纹枯病在持续湿润的气候条件下呈爆发性增长。降水减少或干旱条件下，地下害虫如地老虎、蛴螬活动增强，对根系伤害加重。此外，降雨分布不均易导致“旱涝交替”，改变土壤微生物生态结构，间接影响病原菌竞争关系。例如，干旱期有益菌数量减少，水涝期病原真菌迅速繁殖，形成交替性侵害，增加病虫害防控难度。

2.3 极端气候事件对病虫害迁移与暴发的驱动作用

极端高温、强风暴和异常暖冬等事件改变了害虫越冬与迁飞路径。暖冬导致害虫越冬存活率上升，迁飞性害虫如黏虫、稻飞虱的早春种群基数显著增加。强风系统与台风过程为病原孢子长距离传播提供了媒介，加速了病害的区域扩散。气候异常条件下，作物生长节律紊乱与病虫害繁殖周期叠加，形成“灾害共振”效应，使防治窗口期缩短、防控成本上升。

3 主要粮食作物病虫害的时空分布变化特征

3.1 空间分布的北移与高海拔扩展趋势

气候变暖正重塑农作物病虫害的空间格局，使害虫栖息区逐步向高纬度和高海拔地区迁移。由于气温升高导致的生态适生带北移，害虫种群的越冬界限和繁殖边界不断突破传统分布范围。小麦条锈病在近十年内北移近300公里，已对原本气候冷凉、风险较低的地区构成威胁。玉米螟等高温适应性害虫在东北平原和西北旱区的发生频率显著上升，表现出明显的扩区趋势。青藏高原和川西高原等高寒地带过去由于低温限制，病虫害较少发生，而随着平均气温上升、积温增多，玉米黏虫、草地贪夜蛾等害虫开始在此类地区建立稳定种群。这种分布格局的变化意味着病虫害监测与防控体系需向北方与高原地区延伸，传统防控模式面临气候适应性调整的迫切需求。

3.2 时间分布的提前与持续期延长

气候升温改变了害虫与病原的发育节律，使其生命周期明显提前并延长。冬季变暖导致越冬种群存活率上升，春季温度快速回升又使害虫的繁殖和迁飞提前10—20天。以稻飞虱为例，其迁飞高峰期由原来的6月中旬提前至5月底，促使早期田间种群密度迅速攀升。水稻稻瘟病、小麦赤霉病等病害的初发期也普遍提前7—10天。与此同时，生长季的延长使病虫害繁殖代数增多，危害期由原本的2—3个月延

展至3—5个月，田间防控频次显著增加。持续高温与湿度波动加剧的背景下，病虫害的代际重选现象更加突出，造成管理成本与防治风险同步上升。这种时序变化不仅增加了农业投入压力，也对气象预警与防治调度提出了更高要求。

3.3 群落结构变化与抗药性增强趋势

气候变化正加速病虫害群落结构的动态演替。高温、干旱及极端天气频发的条件下，原本占优势的害虫种群受抑制，而适应隐蔽生境与干热环境的害虫，如叶螨、蓟马和潜叶蝇等逐渐成为主导种群。长期高温还改变了害虫的生理代谢水平，加快了抗药基因的选择积累与扩散速度。监测数据显示，稻纵卷叶螟对氯虫苯甲酰胺类农药的抗性年增长率约为12%—15%，导致防治效果持续下降。化学防治依赖度高的地区更容易形成抗药性“热点区”，使传统农药防控体系面临失效风险。同时，气候变动引发病原群落结构多样化，部分潜伏性病原真菌如镰刀菌、腐霉菌逐渐成为主要致病因子。群落动态变化的趋势要求防治体系从依赖化学控制向生态综合调控转变，通过作物抗性育种、生物防治与生态恢复等手段，构建稳定高效的气候适应型防控模式。

4 气候变化下病虫害防治的生态调控机制

4.1 农业生态系统的多样性调节作用

农业生态系统的多样性是防控气候变化背景下病虫害风险的重要生态基础。通过优化种植结构、调整作物布局，可增强系统的稳定性与自我调节能力。合理的轮作、间作与复种模式能有效破坏害虫的寄主连续性，降低病原菌在土壤与作物残体中的存活概率。例如，在稻麦轮作体系中引入绿肥或豆科作物，不仅改善了土壤通气性和微生物群落结构，还通过固氮作用促进土壤肥力恢复，从而间接抑制病原真菌的繁殖。田边和田间生境的多样化配置亦是生态防控的重要环节。种植花卉植物可吸引食蚜蝇、寄生蜂等天敌昆虫，在农田内部形成“作物—天敌—寄主”的多层次食物链关系，使害虫种群维持在生态阈值之下。研究表明，作物多样性越高，系统对外界扰动的抗性越强，对极端气候事件下的病虫害暴发具有显著抑制作用。这一生态调节机制构成了气候适应型农业体系的重要支撑。

4.2 生物防治与生态修复的融合机制

在气候变化导致病虫害频发和抗性增强的背景下，生物防治与生态修复的融合成为实现可持续防控的关键路径。利用赤眼蜂、丽蚜小蜂、食蚜蝇等天敌释放技术，可有效降低害虫繁殖速率；施用哈茨木霉、枯草芽孢杆菌等拮抗微生物，可在植物根际形成保护层，阻断病原侵入通道。生态修复措施如施用有机覆盖物、种植护田草带，不仅改善了田间微气候环境，降低了地表温湿波动，还为有益生物提供了栖息地，从而强化了生态系统的自我修复能力。农田植被恢复与生物多样性提升可显著减少气候异常时期的病虫害传播几率，使生态防控体系在极端气候条件下依然保持韧性。综

合实践表明,生态修复型生物防治可在三至五年内实现农药使用量减少30%以上,同时提升土壤健康与作物抗逆性,构建出“防控—修复—循环”一体化生态机制。

4.3 气象预警与智慧防控的系统建设

气象预警与智慧防控系统的建设是适应气候变化、实现精准防治的关键技术支撑。气候变化引发的病虫害具有突发性和区域性,依托气象大数据与AI模型建立动态预测体系,可实现对发病风险的量化分析。遥感监测技术可快速识别作物长势异常区域,物联网传感器实时采集温度、湿度、降雨量及虫情数据,通过云平台进行综合分析,为防治决策提供时空依据。智能化预警系统能基于气候条件自动计算病虫害发生概率并发布分级预警,指导防控资源精准投放。

5 综合防治策略与可持续发展路径

5.1 精准农业与绿色防控的融合发展

在气候变化引发的病虫害复杂化背景下,精准农业与绿色防控的深度融合成为农业可持续发展的关键路径。通过数据化、信息化与智能化技术的引入,可实现病虫害防控从经验管理向科学决策的系统转型。气象数据、遥感影像与农田传感器的融合应用,使防治决策建立在实时监测与动态分析基础上。利用气候模拟模型与病虫害生态模型,可精确预测发病高峰期与空间分布趋势,为农药施用、抗性品种选育及栽培管理提供数据支持。绿色防控技术如性诱剂、生物农药、天敌释放与病原拮抗菌的应用,显著减少了化学农药使用量与环境污染。国家“绿色防控示范区”建设表明,精准化管理可使病虫害防控效率提高20%以上,农药使用强度降低6%—10%,实现生态安全与农业增效的双重目标。该模式标志着病虫害防治体系向“数字农业—生态农业—低碳农业”的融合方向迈进。

5.2 政策支持与区域协同治理

应对气候变化导致的病虫害区域性扩散与跨境迁移,需要政策引导与区域协同机制的系统构建。国家层面应制定《气候变化背景下农作物病虫害防控规划》,强化农业、气象与生态部门的联动机制,实现“监测—预警—防控—评估”的全链条协同。建立跨省区病虫害联防联控平台,形成信息共享与应急联动机制,对重大迁飞性害虫实行动态监测与联合处置。地方政府应通过财政补贴与生态补偿政策,鼓励农户采用低碳防控技术与生物防治手段,推动防控体系绿色转型。农业保险制度应将气候变化引发的病虫害风险纳入保障范围,减轻农户灾害损失。区域治理中还需重视技术标准统

一与防控行动同步,避免防治时差与重复投入。政策、技术与治理的协同融合,将形成国家—区域—基层三级联动的现代防治体系,提升农业应对气候风险的系统韧性。

5.3 公众参与与可持续治理体系建设

气候变化下的病虫害防控不仅是科学问题,更是社会治理问题。构建可持续的治理体系,需要政府、科研机构、农民与社会公众的共同参与。政府应发挥宏观指导与制度保障作用,建立以农户为主体的培训体系,普及气候监测、绿色防控与生态农业理念,提升农民对气候风险的感知与应对能力。科研机构应强化应用型研究与技术推广,建立开放共享的知识平台,将监测数据与防控经验及时反馈至生产端。社会组织与媒体可通过宣传、教育与信息服务,增强公众的生态意识与防灾责任感。公众参与不仅体现在农户个体防控行为上,也包括社区层面的群防群治机制建设。通过“政府主导、科研支撑、农民参与、公众监督”的多元共治模式,可形成气候风险防控的社会化格局。该体系在促进技术落地的同时,推动防控行为从被动响应向主动治理转变,为国家粮食安全与生态文明建设奠定社会基础。

6 结语

气候变化正在重塑农业生态系统格局,对主要粮食作物病虫害的发生规律与防治体系提出了新挑战。研究表明,气温升高、降水变化及极端事件频发显著改变了病虫害的时空分布与生态结构,增加了农业生产的不确定性。应从生态系统韧性建设、气象智能监测与绿色防控技术创新等方面综合应对,构建可持续、系统化的防治体系。未来,需强化长期监测与模型预测能力,完善跨区域治理与政策支持机制,推动病虫害防控与气候适应性农业深度融合,实现粮食生产的高效、安全与可持续发展。

参考文献

- [1] 王亚男.气候变化对小麦病虫害发生规律的影响及应对措施[J].河北农机,2024,(18):120-122.
- [2] 赵明月,欧阳芳,张永生,等.2000-2010年我国小麦病虫害发生与为害特征分析[J].生物灾害科学,2015,38(01):1-6.
- [3] 王超,史恩路,李冰,等.小麦主要病虫害发生气象预测及防治对策的研究[J].河北农机,2023,(05):115-117.
- [4] 马雅丽.暖冬对冬小麦主要病虫害发生流行的影响研究.山西省,山西省气候中心,2014-07-01.
- [5] 饶传波,王海红.水稻高产栽培及病虫害综合防治措施的有效性和可行性探讨[J].种子世界,2024,(10):9-11.