

Construction of Green Control and Fine Management Model for Pests and Diseases in Facility Vegetable Planting

Jingli Zhu

People's Government of Sanchunji Town, Dongming County, Shandong Province, Heze, Shandong, 274506, China

Abstract

Facility vegetable cultivation stands as one of the most representative high-efficiency production methods in modern agriculture. However, its enclosed environment and high-density planting conditions lead to frequent occurrence, rapid spread, and challenging management of pests and diseases. While traditional chemical control methods can temporarily suppress pests and diseases, they cause issues such as pesticide residues, increased drug resistance, and ecological damage, making them increasingly incompatible with the requirements of green agriculture development. Based on the principles of green pest control and precision management, this study establishes a comprehensive integrated pest management system for facility vegetables, centered on ecological regulation, biological control, physical prevention, and intelligent management. The research systematically elaborates on technical approaches and application models for pest and disease control from four perspectives: facility ecological optimization, intelligent monitoring and early warning, precise intervention measures, and sustainable management. Results demonstrate that the combination of green pest control and digital management can significantly enhance control efficiency, reduce pesticide usage, improve the stability of facility ecosystems, and promote the green transformation and high-quality development of the vegetable industry.

Keywords

Pest and disease control; Green agriculture; Ecological regulation; Intelligent monitoring

设施蔬菜种植中病虫害绿色防控与精细化管理模式构建

朱静丽

山东省东明县三春集镇人民政府, 中国·山东 菏泽 274506

摘要

设施蔬菜种植是现代农业中最具代表性的高效生产方式之一,但其封闭环境和高密度种植条件导致病虫害发生频率高、传播快、治理难。传统化学防治手段虽能短期控制病虫害,却造成农药残留、抗药性增强及生态环境破坏等问题,已难以适应绿色农业发展的要求。本文基于绿色防控理念与精细化管理理论,构建了以生态调控、生物防治、物理防控和智能管理为核心的设施蔬菜病虫害综合防控体系。研究从设施生态优化、智能监测预警、精准干预措施及可持续管理四个层面,系统阐述病虫害防控技术路径与应用模式。结果表明,绿色防控与数字化管理的结合能够显著提升防治效率,减少农药使用量,改善设施生态系统稳定性,促进蔬菜产业的绿色转型与高质量发展。

关键词

病虫害防控; 绿色农业; 生态调控; 智能监测

1 引言

设施蔬菜生产作为保障农产品稳定供应的重要手段,已成为我国农业现代化和乡村振兴战略的重要组成部分。然而,设施环境下的高温高湿条件为多种病原菌和害虫的繁殖提供了理想环境,导致病虫害防控成为制约产业发展的关键因素。长期以来,化学农药被广泛用于病虫害防治,虽在短期内取得显著成效,但其带来的生态风险、残留超标及抗药性问题愈发突出。随着国家对农业绿色发展的战略要求不断提升,病虫害绿色防控与精细化管理成为农业科研与生产的重要

方向。本文以设施蔬菜为研究对象,探讨如何在生态调控基础上,通过智能化、数据化的手段实现病虫害防控的精准与高效。

2 设施蔬菜病虫害发生特征与防控难点分析

2.1 设施环境特征与病虫害生态适应性

设施蔬菜栽培环境相对封闭,光照、温度、湿度及空气流通均被人为控制。高温高湿条件下,灰霉病、白粉病、霜霉病及细菌性软腐病等真菌与细菌性病害高发。害虫方面,白粉虱、蚜虫、蓟马等在设施条件下繁殖迅速,成为主要危害种群。设施环境的单一性与气候稳定性削弱了自然生态调控作用,使病虫害易于形成局部暴发。此外,封闭系统中药剂扩散与降解速度减缓,导致防治效果不均。长期连作

【作者简介】朱静丽(1978-),女,中国山东东明人,本科,高级基层农艺师,从事农业技术研究。

造成土壤微生态失衡,病原菌累积与害虫越冬基数增加,进一步加剧防控难度。

2.2 传统防治方式的局限与风险

设施种植中化学防治的依赖度高,部分农户为追求短期经济效益,使用高浓度或禁用农药,导致蔬菜农残超标、土壤板结及生态失衡。化学农药的广泛使用破坏了害虫一天敌生态关系,使防治体系逐渐失效。多次喷施同类药剂造成抗药性增强,病虫害呈现“越治越重”的趋势。同时,化学农药残留威胁食品安全,影响农产品出口与消费者信任。过量使用药剂还增加了环境污染风险,对周边水体与土壤生态构成长期威胁。

2.3 设施蔬菜病虫害防控的系统性挑战

设施蔬菜防控涉及多学科交叉,包括植物保护学、生态学、环境工程及信息科学。由于生产主体分散、管理水平差异大,防控体系缺乏标准化与动态监管。病虫害防控数据采集困难,信息反馈滞后,导致防治措施缺乏针对性。此外,绿色防控技术在部分地区推广不足,生物制剂与智能装备应用比例低。如何实现防控体系的精准决策、实时响应与可持续运行,成为当前设施农业亟须解决的核心问题。

3 病虫害绿色防控的理论基础与技术路径

3.1 生态调控理论在设施农业中的应用

生态调控是绿色防控体系的理论基石,其核心在于通过重建生态平衡来实现病虫害的自然抑制。设施蔬菜栽培环境相对封闭,生态系统稳定性较弱,适度引入生态调控原理可显著降低病虫害发生率。通过优化种植结构与生态布局,可打破病原与寄主间的连续链。例如,蔬菜与香草、豆科植物间作可形成多样化植被群落,干扰害虫取食与繁殖。轮作制度的引入可有效减少病原菌在土壤中的累积,改善土壤微生态结构。环境调节方面,通过提高通风频率与降低棚内湿度,可抑制真菌病害扩散;采用遮阳网与反光膜调整光照强度,有助于削弱害虫趋光性行为。太阳能高温闷棚技术则通过升温灭菌,显著减少根腐病、枯萎病等土传病害源。生态调控的实质是通过“以生态防生态”的方式恢复系统自我调节功能,使防控从外部干预转向内部调节,为绿色防控提供长期稳定的生态支撑。

3.2 生物防治与微生态调控技术

生物防治是绿色防控体系中最具生态效益的环节,其目标是以“生物制衡”取代化学干预。通过释放捕食性天敌与寄生性昆虫,可实现害虫种群的自然控制。例如,丽蚜小蜂对温室白粉虱的寄生率可达90%以上,显著降低虫口密度;赤眼蜂对鳞翅目害虫卵期的控制效果稳定持久。对于真菌性病害,应用枯草芽孢杆菌、哈茨木霉等拮抗微生物可抑制病原菌生长,形成“有益菌屏障”。微生态调控通过施用复合微生物制剂,改善根际微环境,促进有益菌群繁殖,增强植物系统抗性。研究显示,生防菌与植物免疫诱导剂联合

施用,不仅能将农药使用量降低50%以上,还能显著提高蔬菜的抗逆性与品质稳定性。随着基因工程与合成生物学的发展,功能菌群定向培育将为设施农业病虫害生物防治提供更加精准、高效的技术路径,实现防控体系的生态化与智能化双重提升。

3.3 物理防控与绿色农药应用策略

物理防控是设施环境中最直接、最安全的防治手段。通过防虫网、黄蓝粘虫板、诱虫灯及性诱剂等装置,可构建多层防御体系,有效降低害虫迁入与繁殖几率。不同波段的光诱设备可针对特定害虫群体,减少药剂依赖。温湿度自动控制系统通过精确调节环境参数,使病原菌生存条件受限,从源头上减少病害爆发风险。与此同时,绿色农药作为化学防治的替代手段,已成为绿色防控的重要支撑。植物源农药如苦参碱、印楝素及生物源Bt制剂具备高效、低残留的特征,与精量喷雾技术结合,可实现药剂的靶向施用与剂量优化。采用静电喷雾、微雾化设备可提升药液附着率并减少浪费。通过环境调控、物理防御与绿色药剂的协同应用,设施蔬菜防控体系实现了由“以药为主”向“以防为主、综合治理”的转型,构建起生态安全与生产效益兼顾的可持续防控新格局。

4 基于信息化的病虫害智能监测与精细化管理

4.1 多维监测体系的构建

在设施蔬菜病虫害防控中,建立多维监测体系是实现精细化管理的前提。信息化与物联网技术的融合使病虫害的动态监测更加科学与高效。通过传感器网络可实时采集环境数据,包括温湿度、光照强度、二氧化碳浓度及土壤水分等关键参数,全面反映设施内生态环境的变化。虫情监测设备能自动识别害虫种类与数量,减少人工巡查误差。多光谱与高光谱成像技术可捕捉植物叶片的微弱病变信号,实现病害的早期识别与空间定位。无人机遥感结合地面影像采集形成多源数据融合系统,生成可视化病虫害分布图,为精准防控提供量化依据。通过云平台对采集数据进行整合与分析,形成可动态更新的数据库,不仅支持实时预警,还为后续的模型构建、趋势分析和精准决策提供了强有力的基础支撑,使病虫害监测由“经验判断”迈向“数据驱动”的科学管理阶段。

4.2 数据分析与智能决策支持系统

在多维数据支撑下,数据分析与智能决策系统成为防控管理的核心环节。通过应用机器学习和大数据算法,可对环境因子、虫情变化与作物生长状态进行多维关联分析,构建病虫害发生预测模型。该模型可根据历史数据与实时监测结果,自动识别风险等级并预测病虫害发展趋势,实现从“事后处理”向“事前预警”的转变。决策支持系统(DSS)基于模型输出生成精准防控方案,自动推送给管理者或智能设备。人工智能语义识别与自然语言处理技术的应用,使系统可进行语音交互与远程控制,方便一线操作人员快速响应。

管理者可通过移动端平台实时查看监测结果、风险分析与执行状态,实现对病虫害防控全过程的掌控。该体系的建立使决策过程科学化、智能化,显著提升了防治的精准度与时效性。

4.3 精准干预与自动化防治技术应用

精准干预是绿色防控理念的具体体现。借助智能决策系统提供的风险分析结果,自动化装备可实现高效、低耗的精准防治。自动喷雾机器人通过导航与视觉识别技术,能够在设施内部自主移动,对病虫害高发区域实施定量喷洒,减少人工作业强度与药剂浪费。无人机结合精准定位系统,在大棚外部或连片区域完成定向喷洒,实现大面积病虫害的快速防控。智能环境控制系统则通过对温湿度、光照及空气流通的自动调节,抑制病原微生物的繁殖,优化植物生长环境。整个防治过程实现“监测—分析—决策—执行”的数据闭环,使病虫害管理从传统被动防御转向主动调控。自动化防治不仅提高了防控效率,还在保障作物健康与环境安全的前提下,实现了农业生产的数字化、智能化与可持续化发展,为现代设施农业提供了新范式。

5 绿色防控体系的构建与区域化推广模式

5.1 绿色防控体系的组织结构设计

设施蔬菜病虫害绿色防控体系的建立离不开科学的组织结构支撑。该体系应在政策导向、科研创新与生产应用三方面形成纵向贯通的多层级结构。宏观层面上,政府部门应制定绿色生产标准与激励政策,明确农药减量化、生态调控和可追溯管理的要求,建立风险评估与监管机制,为绿色防控提供制度保障。中观层面以科研院所与农业技术推广机构为核心,承担技术研发、模式创新与示范任务,通过跨学科协作推动防控技术标准化与数据共享。微观层面由生产主体负责技术落地与反馈评估,利用信息化手段实现防控数据的实时采集与上报。各层级通过信息共享平台实现数据互通与决策协同,形成“政策引导—技术支撑—应用反馈”的三维联动结构,促进防控体系的科学化与可持续化运行。

5.2 区域化技术集成与示范推广路径

设施蔬菜绿色防控的推广应立足区域生态差异与作物种类特征,建立适应性强、可复制的技术集成模式。不同地区的气候条件、病虫害种群结构及种植制度差异显著,需针对性制定区域化技术包。例如,北方地区以设施温室病害防控为主,可强化通风调控与高温闷棚措施;南方湿热地区则重点推广生物防治与病虫害监测技术。为确保技术推广落地,应

建设区域示范基地,集成生态调控、数字监测与精准防控技术,配备智能农业管理平台,实现全流程可视化监管与追溯。通过建立培训中心与技术服务体系,推动农户掌握标准化防控流程。推广模式上,可采取“科研示范点—技术服务站—生产基地”三级联动机制,实现由点到面的辐射带动,促进绿色技术在全产业链的普及与深化。

5.3 产业化与可持续运行机制

绿色防控体系的长期运行需依托产业化发展与市场机制支撑。建立绿色认证制度与产品标识体系,是推动绿色防控产业化重要环节。通过认证与品牌建设,增强消费者对绿色农产品的信任度与消费意愿,形成市场拉动效应。企业可基于防控设备、智能系统与生物制剂的开发,构建绿色农业技术服务产业链,实现从技术推广到设备租赁、数据运营的全链条服务。同时,需形成“政府引导—企业推动—农户参与—科研支撑”的协同格局,建立多主体参与的利益共享与风险共担机制。科研机构持续优化技术模型与防控标准,政府提供财政补贴与政策支持,企业负责技术商业化与市场拓展。通过这一循环体系,绿色防控技术可在产业层面实现自我更新与可持续运行,推动设施蔬菜种植向高效、生态、智能方向发展。

6 结语

设施蔬菜病虫害绿色防控与精细化管理是推动现代农业绿色转型的重要方向。本文提出的综合防控模式以生态调控为基础,以信息化与智能化技术为核心,构建了“监测—预警—防治—反馈”的闭环体系。研究表明,绿色防控体系可在保证产量的同时有效降低农药使用量,改善生态环境,提升蔬菜品质。未来,应进一步加强数据集成与模型优化,完善标准化技术体系,实现区域间技术共享与经验复制。通过政策、科技与产业的协同推进,可实现设施农业的绿色、高效与智能发展,为构建生态安全型农业体系提供可持续路径。

参考文献

- [1] 张洪娥,许佩佩,邹林林,等.鲁西北地区设施蔬菜病虫害防治存在问题与防治技术[J].世界热带农业信息,2025,(11):55-57.
- [2] 高辰发,尹惠萍,王福全.黄瓜设施栽培中病虫害综合防治技术研究[J].园艺与种苗,2025,45(10):69-71.
- [3] 马丽娜.设施蔬菜种植技术应用要素及多种病虫害防治措施综合分析[J].种子世界,2025,(09):24-26.
- [4] 徐红娟,刘卫锋.打破传统局限的蔬菜种植中病虫害综合防治技术创新与实践[J].种子世界,2025,(08):126-128.