农业害虫绿色防控技术的示范与创新应用

崔宝玉¹ 李旭辉² 刘福芳¹

1 呼伦贝尔学院, 内蒙古 呼伦贝尔 021000; 2 内蒙古森工集团, 内蒙古 呼伦贝尔 022150

摘要: 本文旨在探索农业害虫绿色防控技术的创新应用与发展趋势, 文章分析了当前农业害虫防控面临的挑战与传统方法的局限性, 结合生物防治、物理防治、农业调控与轮作等常见绿色防控技术的应用案例, 分析了利用基因编辑技术、智能农业与物联网技术以及纳米技术等前沿科技来提升害虫防治效果的创新应用。

关键词: 农业; 害虫; 绿色防控; 示范与创新

Demonstration and Innovative Application of Green Prevention and Control Technology of Agricultural Pests

Cui, Baoyu¹ Li, Xuhui² Liu, Fufang¹

1 Hulunbuir College, Hulunbuir, Inner Mongolia, 021000, China

2 Inner Mongolia Forestry Industry Group, Hulunbuir, Inner Mongolia, 022150, China

Abstract: This paper aims to explore the innovative application and development trend of green prevention and control technology of agricultural pests. It analyzes the challenges faced by current agricultural pest control and the limitations of traditional methods. Combined with the application cases of common green prevention and control technologies such as biological control, physical control, agricultural regulation and crop rotation, it analyzes the innovative application of cutting-edge technologies such as gene editing technology, intelligent agriculture and Internet of Things technology, and nanotechnology to improve pest control effect.

Keywords: Agriculture; Pests; Green prevention and control; Demonstration and innovation

DOI: 10.62639/sspis24.20240104

引言

近年来, 农业害虫的爆发频率和危害程度逐渐增加, 传统的化学防治方法虽然有效, 但长期使用化学农药不仅加剧了环境污染, 还导致害虫的抗药性问题。随着全球农业生态环境的恶化以及对可持续农业的追求, 绿色防控技术逐渐成为农业害虫防治的主流方向^[1]。绿色防控技术不仅关注害虫的防治效果, 还强调与自然生态系统的和谐共生, 是未来农业发展的重要趋势。

一、农业害虫绿色防控技术概述

农业害虫绿色防控技术是指通过生态学、农学、环境科学等多学科的融合, 采用一系列绿色、环保、低风险的技术手段, 有效控制农业害虫的发生与蔓延。这些技术不仅可以减少或替代传统的化学农药, 还能够降低农药残留对环境和人体健康的潜在危害^[2]。随着农业生产过程中环境问题日益严峻, 绿色防控技术成为现代农业发展中的重要方向之一。传统的农业害虫防控方法主要依赖化学农药, 这种方法

然短期内见效快速, 但长期使用会导致害虫抗药性增强、环境污染加重、土壤和水源的污染问题愈加严重, 同时也对非靶标生物造成了不可忽视的负面影响^[3]。因此, 绿色防控技术逐渐成为学界重要的研究方向, 其主要通过模拟自然界的生态防控机制, 采用生物防治、物理防治、文化防治等多种方式, 结合环境友好的农药和高效益的农业管理措施, 从而实现害虫控制与环境保护的平衡发展。

绿色防控技术的核心理念是“预防为主, 综合治理”, 通过生态调控手段, 降低害虫的发生率, 提升农业生态系统的自我调节能力^[4]。与传统的单一防治方法不同, 绿色防控提倡多种技术手段的协同应用, 强调从源头减少害虫发生的机会, 并通过多种技术手段的联合, 确保农业生产的高效、低风险和可持续发展。这种防控模式不仅能够保护作物免受害虫侵害, 还能最大限度地减少农药使用量, 降低对环境的负面影响, 同时有助于增强农业生态系统的可持续性。绿色防控技术的推广应用, 不仅为提高农业产值提供了新的思路, 也可以为农民带来切实的经济效益, 同时为社会和生态环境带来更为长远的发展保障。

(稿件编号: IS-24-4-1024)

作者简介: 崔宝玉 (1981-11), 女, 汉族, 籍贯: 黑龙江甘南, 硕士, 讲师, 研究方向: 植物保护, 农业昆虫与害虫防治。

李旭辉 (1978-07), 男, 汉族, 籍贯: 吉林德惠, 学士, 高级工程师, 研究方向: 森林经营, 营造林。

刘福芳 (1975-01), 女, 汉族, 籍贯: 吉林农安, 本科, 高级讲师, 研究方向: 中草药种植技术。

基金项目: 本研究内容为呼伦贝尔学院科学技术研究项目: “呼伦贝尔地区主要农牧业害虫的绿色防控技术应用研究”(项目编号: 2022ZKYB02)。

二、常见的农业害虫绿色防控技术及示范案例

(一) 生物防治技术

生物防治是利用害虫的自然天敌(如寄生蜂、捕食性昆虫、病原微生物等)来控制害虫种群的方法。其基本原理是在不破坏生态平衡的前提下,通过引入或保护自然天敌,借助其天敌对害虫的捕食、寄生或病害传播能力,实现害虫的自然抑制。与化学农药不同,生物防治不仅具备持久性,且不会对环境或其他生物造成负面影响。在江苏省的某棉花种植区,长期以来棉铃虫是主要的害虫,严重影响了棉花的产量和质量。为了减少农药使用,研究人员引入了寄生蜂(如天敌寄生蜂 *Trichogramma*)来防治棉铃虫。寄生蜂通过寄生在棉铃虫卵上,抑制其孵化,从而减少了棉铃虫的数量。经过几季的使用,棉花种植区的棉铃虫种群得到了有效控制,且该区域的棉花产量显著提高,稳定在较高水平。由于寄生蜂具有较强的适应性和再生能力,持续投入的成本较低,也避免了化学药物可能引发的害虫抗药性问题,农民的经济效益得到了提升。

(二) 物理防控技术

物理防控技术是通过物理手段直接干扰或阻止害虫的活动与繁殖,通常不涉及化学药品,具有高效、环保的优点^[5]。常见的物理防控方法包括使用诱捕器、粘虫板、紫外线灯、网罩等设施。这些方法可以直接干扰害虫的行为,例如通过吸引、捕捉或隔离害虫,降低其对作物的危害。在浙江省某果树园区,农民采用了紫外线诱杀灯与黄板相结合的方法来防治蚜虫和飞虱等害虫。紫外线灯通过发出光波吸引夜间飞行的害虫,黄板则利用其鲜明的颜色吸引并捕捉飞行中的虫害。通过这种组合方式,果园的害虫种群数量得到了有效控制。实验数据显示,使用紫外线诱杀灯与黄板后,蚜虫的数量减少了约40%,飞虱的数量减少了30%,而且果树的健康状况明显改善,果实的产量和质量也大幅提升。与传统的化学防治相比,物理防控手段不仅安全无污染,而且大大减少了害虫的抗药性问题。

(三) 农业调控与轮作

农业调控与轮作是通过调整作物的种植方式和周期,打破害虫的生存周期,从而减少其繁殖和滋生的机会。轮作通过交替种植不同种类的作物,降低某一作物专一害虫的积累密度。间作、混作以及合理的田间管理措施(如调整播种时间、合理密植等)同样能起到减少害虫的作用。通过改造农田生态环境和作物配置,破坏害虫的生存条件,从而减少虫害的发生。在河北省某小麦与大豆种植区,农民通过实施小麦与大豆的轮作措施来减少土壤中的害虫密度。小麦的生长周期与大豆不同,且两种作物的害虫种类也不完全相同,实施轮作后,害虫的种群得到了有效抑制。特别是在小麦收获后,大豆作为后茬作物生长,能有效避免小麦种植过程中产生的大麦象甲等害虫的滋生。经过三年的轮作实验,土壤中的害虫

种群数量大幅下降,虫害发生的概率显著减少,且大豆和小麦的产量均保持稳定增长。这种轮作方式不仅有效控制了害虫,也促进了土壤的养分循环和作物生长的多样性,取得了生态与经济双赢的效果。

三、农业害虫绿色防控创新技术及应用

(一) 基因编辑技术

基因编辑技术,特别是CRISPR-Cas9技术,作为一项革命性的生物技术,可以通过精准编辑害虫的基因,控制害虫种群的繁殖,还能够有效减少对环境的负面影响。基因编辑技术是一种通过直接修改生物体DNA序列,精确调整其基因组结构的技术。最具代表性的基因编辑技术是CRISPR-Cas9,它是一种源自细菌免疫系统的技术,通过一种被称为“分子剪刀”的酶来切割DNA。在农业害虫防控中,CRISPR-Cas9可以通过修改害虫的基因,使其失去繁殖能力、免疫力或传播病原的能力,从而控制害虫种群的扩展。与传统的转基因技术不同,CRISPR-Cas9的优势在于其精准度极高,能够针对特定的基因进行编辑,避免了转基因技术可能导致的非目标基因的改变。通过这种精确的基因剪切,科学家可以选择性地修改或删除害虫体内的某些基因,使其无法繁殖,或改变其生理特性,使其不再具备危害性。由于基因编辑技术能够直接作用于害虫的基因结构,因此它不仅能够从根本上抑制害虫的种群增长,还能够减少传统防控方法所带来的环境污染和抗药性问题。随着基因编辑技术的不断发展,农业害虫防控领域逐渐出现了许多潜在的应用场景,能够使作物自身对特定害虫产生天然的防御作用,进一步降低农药的使用。这种基因编辑所产生的“抗虫作物”不仅能够提高作物产量,还能够有效减少农药对环境的污染,提高农业的可持续性。

(二) 智能农业与物联网(IoT)技术

智能农业与物联网(IoT)技术的结合,正逐步成为现代农业害虫绿色防控的核心技术之一。通过在农田和农业设施中广泛部署各种传感器、摄像头、无人机以及其他智能设备,农民能够实时监控作物生长状况、环境条件以及害虫的活动情况。这些设备不仅能够收集温度、湿度、土壤pH值和养分含量等基础农业数据,还能监测害虫的种类、密度和活动规律。所有数据通过无线网络传输到云平台,结合强大的大数据处理和云计算分析功能,智能农业系统可以生成详尽的虫害预测报告,帮助农民及时识别潜在的害虫威胁。通过物联网技术的实时监控,农民可以在虫害初期便得到精准的预警,从而采取针对性的防控措施。更为关键的是,物联网系统能够基于数据分析,预测虫害的爆发周期和强度,避免传统害虫防控方法中的“过度喷洒”现象,显著减少农药使用。这种基于大数据分析的虫害管理方式不仅提高了农业生产的效率,也极大地降低了环境污染和生态风险。在我国江苏省的一些大型

农业基地, 物联网技术已经被广泛应用于虫害监控与管理。在这些地区, 农田内布置的传感器可以实时监测虫害的动态变化, 并设定警戒阈值。当传感器检测到虫害数量达到预警标准时, 系统会自动向农民发出警报, 提醒其及时采取防控措施。农民可以根据系统提供的数据, 精准地采取生物农药喷洒、诱杀或环境调整等措施, 而不必依赖全田喷洒化学农药, 这不仅保护了作物免受虫害侵害, 还有效减少了农药残留, 提高了作物的市场竞争力。类似的智能农业应用也已经在西班牙的温室蔬菜种植中得到广泛使用。通过物联网技术实时监控温湿度、光照强度、土壤含水量等环境变量, 系统能精确分析作物的生长状况与虫害发生的潜在风险, 并结合虫害监测数据, 提前预警虫害爆发。西班牙的农业企业通过这种精细化的管理, 不仅显著减少了农药的使用, 还提高了作物的品质和产量, 使得农业生产更加绿色和可持续。随着技术的不断进步, 智能农业与物联网技术的结合将逐步推动全球农业生产向更加高效、精准、环保的方向发展。未来, 随着5G、人工智能(AI)和大数据技术的进一步融合, 物联网技术将实现更加实时、高效和智能的农业害虫防控, 为全球农业可持续发展提供坚实的技术保障。这一技术不仅将帮助农民降低生产成本, 提高作物产量和质量, 也将大大推动全球农业生态系统的绿色转型, 促进农业产业的长远健康发展。

(三) 纳米技术

纳米技术同样在农业害虫绿色防控中展现出巨大的潜力, 尤其是在纳米杀虫剂的研发和应用方面, 正在为传统的害虫防治手段带来革新。纳米材料因其微小的粒径和较大的比表面积, 能够通过高效渗透进入害虫体内或附着在其表面, 从而提高杀虫剂的生物活性和传递效率。与传统农药相比, 纳米技术赋予了农药更加精准和持久的效果, 使其能够在更小的用量下发挥更大的防治效能, 且对环境的影响更为温和。纳米杀虫剂独特之处在于, 它们能够在害虫体内迅速分解并发挥作用, 这种作用机制大大提高了药效的持久性和针对性, 能够持续抑制害虫的生长和繁殖。与此同时, 纳米材料的高表面积和独特的化学性质, 也使得杀虫成分的渗透性大幅增强, 从而提高了植物保护产品在植物表面的附着力, 避免了雨水冲刷等自然因素对药效的影响, 保证了防治效果的稳定性。以墨西哥的农业示范基地为例, 研究人员将纳米技术与植物提取物结合, 开发出一种高效的纳米杀虫剂喷雾剂。这种喷雾剂利用纳米材料的特性, 不仅提高了植物的抗虫性, 还有效地抑制了害虫的生长和繁殖。通过使用这种新型杀虫剂, 害虫种群数量减少了约50%, 且喷洒后的植物叶面无农药残留, 显著降低了对生态环境的污染。这种纳米级别的杀虫剂展现出了较高的生物相容性和环境友好性, 也有效提高了农民的收入, 因为它能够减少农药的使用量, 降低了农田管理成本, 且减少了环境污染带来的潜在风险。在印度, 纳米技术还被用于开发一种创新的

农药载体系统, 该系统能够将植物源杀虫成分精准地传递到作物的叶片和根部。这种纳米载体通过控制药物的释放速率和作用位置, 使杀虫剂的生物利用率大幅提高。通过这种方式, 农药对环境的量大大减少, 且由于其较低的毒性, 农药对环境和非靶标生物的影响也得到了有效控制。这种纳米农药技术已经在印度的一些稻田和蔬菜种植区进行了推广, 取得了显著的防治效果, 尤其在控制害虫种群方面表现出了良好的稳定性和高效性。使用纳米技术开发的农药不仅能有效控制害虫, 还能显著减少农业生产过程中的农药残留, 使得作物更加安全, 符合全球日益严格的食品安全和环保要求。此外, 纳米技术的应用还为农药的精确投放提供了新的可能性。借助纳米传递系统, 农药可以更加高效地渗透进植物的生理结构, 直达害虫的生长部位, 从而提高药效的发挥。纳米材料的应用, 不仅提升了植物保护产品的渗透性和持久性, 还降低了药物的使用频次和用量, 这对于控制农业生产中的化学农药使用、减少环境负担具有重要意义。随着纳米技术在农业领域的不断深化应用, 未来的害虫防控将趋向更加精准、环保和可持续的方向。这一新兴技术在提升农业生产效率、减少环境污染以及保障食品安全等方面展现出强大的潜力, 未来无疑将在全球农业生产中发挥越来越重要的作用。

四、结语

随着全球农业面临的环境压力日益增加, 农业害虫防控技术的创新与应用已成为可持续农业发展的关键。传统的化学防治方法不仅给环境带来了深远的负面影响, 还加剧了害虫抗药性的产生, 而绿色防控技术则以其生态友好性和高效性, 为农业生产带来了新的曙光。从生物防治到物理防治, 再到基因编辑、智能农业及纳米技术等创新手段, 这些技术不仅有效解决了害虫问题, 还大大降低了农药使用, 减少了环境污染和生态风险, 促进了农业生态系统的健康与可持续发展。未来, 随着技术的不断进步和全球农业生产需求的日益增长, 农业害虫绿色防控技术必将在全球农业发展中发挥越来越重要的作用, 帮助农业实现高效、绿色、可持续的目标。

参考文献:

- [1] 何佳遥, 翟俊峰, 潘绪斌, 陈克. 基于物联网的农业害虫监测技术进展[J]. 植物检疫, 2023, 37(03): 1-5.
- [2] 桑文, 高俏, 张长禹, 黄求应, 雷朝亮, 王小平. 我国农业害虫物理防治研究与应用进展[J]. 植物保护学报, 2022, 49(01): 173-183.
- [3] 王桂荣, 王源超, 杨光富, 王燕, 周雪平. 农业病虫害绿色防控基础的前沿科学问题[J]. 中国科学基金, 2020, 34(04): 374-380.
- [4] 王聪, 蔡普默, 张琪文, 杨燕川, 陈家骅. RNAi技术在农业害虫防治中的应用研究进展[J]. 中国植保导刊, 2018, 38(06): 22-29.
- [5] 陆宴辉, 赵紫华, 蔡晓明, 崔丽, 张浩男, 肖海军, 李振宇, 张礼生, 曾娟. 我国农业害虫综合防治研究进展[J]. 应用昆虫学报, 2017, 54(03): 349-363.