

Application research on reduction and efficiency of chemical control technology in vegetable cultivation

Jingdong Lin¹ Xingliang Dong^{2*}

1. Yunnan Weikang Agricultural Group Co., Ltd., Qujing, Yunnan, 655000, China
2. Qilin District Agriculture and Rural Affairs Bureau, Qujing, Yunnan, 655000, China

Abstract

Chemical control technology serves as a crucial approach for managing vegetable pests and diseases, playing a pivotal role in ensuring crop yield and quality. However, prolonged overuse of chemical agents without scientific justification has led to issues such as excessive pesticide residues, ecological damage, and increased pest resistance, which hinder the green and sustainable development of the vegetable industry. This paper analyzes the current application status of chemical control technologies in vegetable cultivation, elaborates on the core principles of reducing dosage while enhancing efficacy, and systematically reviews key technologies including precision monitoring and early warning systems, efficient pesticide substitution, optimized application equipment, and integrated "chemical + non-chemical" synergistic approaches. Case studies of greenhouse tomatoes, open-field cabbage, and cucumber cultivation demonstrate practical application effects. Finally, the paper identifies challenges in technology promotion and proposes countermeasures, providing theoretical and practical references for optimizing chemical control applications in vegetable farming.

Keywords

vegetable planting; chemical control technology; reduction and efficiency

蔬菜种植中化学防控技术的减量增效应用研究

林靖东¹ 董兴良^{2*}

1. 云南维康农业集团有限公司, 中国·云南 曲靖 655000
2. 云南省曲靖市麒麟区农业农村局, 中国·云南 曲靖 655000

摘要

化学防控技术是蔬菜病虫害防治的重要手段,在保障蔬菜产量与品质方面发挥关键作用。但长期过量、不科学使用化学药剂,导致农药残留超标、生态环境破坏、病虫害抗药性增强等问题,制约蔬菜产业绿色可持续发展。本文通过分析蔬菜种植中化学防控技术的应用现状,阐述减量增效的核心原理,系统梳理精准监测预警、高效药剂替代、施药器械优化、“化学+非化学”协同集成等关键技术,并结合设施番茄、露地甘蓝、大棚黄瓜等典型案例验证应用效果,最后指出当前技术推广中存在的问题并提出对策建议,为蔬菜种植化学防控技术的减量增效应用提供理论与实践参考。

关键词

蔬菜种植; 化学防控技术; 减量增效

1 引言

蔬菜是我国居民日常膳食中维生素、矿物质及膳食纤维的重要来源,2023年全国蔬菜播种面积达3.43亿亩,总产量超8.29亿吨,蔬菜产业已成为保障民生供给、促进农民增收的支柱产业之一。病虫害是影响蔬菜产量与品质的主

要障碍因子,化学防控技术因见效快、防效高、使用便捷等特点,成为当前蔬菜病虫害应急防治与常态化防控的核心手段。因此,研究蔬菜种植中化学防控技术的减量增效路径,对保障蔬菜质量安全、保护农业生态环境、推动蔬菜产业绿色转型具有重要现实意义。

2 蔬菜种植中化学防控的核心作用

2.1 应急防控保障产量

在蔬菜种植过程中,突发、暴发性病虫害犹如自然灾害,对作物产量构成严重威胁。番茄晚疫病、黄瓜霜霉病、菜青虫等病虫害具有传播速度快、危害程度高的特点,一旦爆发,若不及时采取有效措施,极可能导致大面积减产甚至绝收。

化学药剂在应对这类紧急情况时展现出不可替代的优

【作者简介】林靖东(1982-),男,中国云南曲靖人,硕士,高级农艺师,从事规模化、基地化蔬菜种植管理,土壤改良,植保方面化学、生物及物理方式综合防控研究。

【通讯作者】董兴良(1973-),男,中国云南曲靖人,高级农艺师,从事农业经济作物及区域农业发展规划研究。

势。以黄瓜霜霉病为例，该病害由鞭毛菌亚门卵菌纲的霜霉菌引起，主要通过孢子囊借助风雨传播，在高温低温环境下极易爆发。发病初期，叶片表面会出现水浸状病斑，随后迅速扩展为黄褐色多角形病斑，严重时全叶枯黄卷曲，光合作用受阻，黄瓜产量大幅下降。而霜霉威盐酸盐作为一种高效的内吸性杀菌剂，能迅速被植物吸收并在体内传导，通过抑制病原菌细胞膜的形成，阻断其能量代谢，从而有效抑制病菌的生长和繁殖。

2.2 控制病虫害基数

蔬菜生长期的化学防控是一项具有前瞻性的重要措施，其核心目标在于降低病虫害的越冬、越夏基数，从源头上减少下一季病虫害的发生风险。病虫害在生长季节结束后，往往会以卵、幼虫、蛹或成虫等形态在土壤、植株残体、杂草等场所蛰伏，成为下一季病虫害发生的初始传染源。

以小菜蛾为例，该害虫是甘蓝等十字花科蔬菜的主要害虫之一，具有繁殖能力强、世代重叠严重的特点。秋季甘蓝收获后，大量小菜蛾蛹会隐藏在土壤中越冬，若不加以防治，次年春季气温回升时，蛹会羽化为成虫，进而产卵危害新种植的蔬菜。通过在秋季甘蓝收获后喷施低毒、高效的杀虫剂，如氯虫苯甲酰胺等，能够有效杀灭土壤表层和植株残体中的小菜蛾蛹。

2.3 提升商品品质

蔬菜的商品品质是影响其市场价值的关键因素，而病虫害的侵袭往往会对蔬菜的外观和内在品质造成严重破坏。蚜虫作为刺吸式害虫，在危害蔬菜时，不仅会吸食叶片的汁液，导致叶片卷曲、皱缩，影响蔬菜的光合作用和正常生长，还会传播病毒病，如黄瓜花叶病毒、番茄病毒病等，进一步加剧对蔬菜的危害。受病毒病感染的蔬菜，叶片会出现斑驳、畸形，果实出现畸形、变色等问题，严重降低了蔬菜的商品价值。

3 蔬菜种植中化学防控过量使用的突出问题

3.1 农药残留超标风险高

部分种植主体为追求“速效性”，违规使用高毒、高残留农药（如克百威、氧乐果），或缩短安全间隔期（如规定7天安全间隔期却在3天内采收）。2022年国家食品安全风险监测显示，叶菜类蔬菜中氯氰菊酯、毒死蜱等药剂残留超标率达9.2%，其中韭菜因根蛆防治频繁使用有机磷类农药，残留超标率高达12.5%。残留超标的蔬菜不仅影响消费者健康（如引发恶心、呕吐，长期摄入可导致慢性中毒），还制约出口贸易——我国蔬菜出口因农药残留问题被欧盟、日本等市场退回的案例年均超200起，经济损失超10亿元。

3.2 生态环境破坏严重

化学药剂的不当使用对土壤、水体、大气及生物多样性造成多重破坏，长期过量施用农药，导致土壤中农药残留量累积，如我国设施蔬菜种植区土壤中吡虫啉残留量远超土

壤环境质量标准（0.5mg/kg），抑制土壤微生物活性，导致土壤肥力下降；同时，广谱性化学药剂在防治害虫的同时，杀伤蜜蜂、瓢虫、寄生蜂等有益生物，如喷施拟除虫菊酯类药剂后，田间蜜蜂种群数量减少60%以上，导致蔬菜授粉率下降，产量间接受损。

3.3 病虫害抗药性快速进化

单一、高频次使用同一种或同一作用机理的化学药剂，加速病虫害抗药性形成。据中国农业科学院植物保护研究所监测，我国蔬菜主产区的小菜蛾对氯氰菊酯抗性倍数达800-1200倍，对阿维菌素抗性达500-800倍；黄瓜霜霉病菌对甲霜灵的抗性率已达75%，常规剂量下防效从90%降至50%以下。（四）种植成本与资源浪费

过量使用化学药剂直接增加种植成本，据调研，我国露地蔬菜亩均农药成本达200-300元，设施蔬菜因病虫害发生频繁，农药成本高达500-800元，占总种植成本的15%-20%。同时，落后的施药器械（如传统背负式喷雾器）导致农药利用率仅为30%-35%，其余65%-70%的药剂通过挥发、流失、飘移浪费，不仅增加成本，还加剧环境压力^[1]。

4 化学防控技术减量增效的关键应用技术

4.1 精准监测预警与科学用药技术

4.1.1 多元化监测手段

在蔬菜种植化学防控的精准监测预警中，物理监测通过利用小菜蛾性诱剂、斜纹夜蛾性诱剂等性诱剂，黄板（诱蚜虫、粉虱）、蓝板（诱蓟马）等色板及频振式诱虫灯监测害虫种群密度，每亩设置2-3个性诱剂诱捕器与10-15块色板，实时记录害虫数量；生物监测则通过定期调查田间病株率、虫口减退率实现，如针对番茄晚疫病每3天调查1次，并记录叶片发病级别；物联网预警技术则针对设施蔬菜基地，通过部署温湿度传感器、虫情测报灯与孢子捕捉仪，将数据实时传输至云端平台，借助AI模型预测病虫害发生趋势，提前3-5天发布预警信息。

4.1.2 科学用药决策

根据监测结果，结合“防治阈值”与“药剂特性”制定用药方案：施药时期应避免蔬菜敏感生育期（如苗期、采收期），选择病虫害发生初期（如害虫低龄幼虫期、病害初发期）施药，此时病虫害抗药性弱、防控难度低，可减少用药剂量与次数；施药剂量严格按照GB/T8321《农药合理使用准则》规定的剂量施药。

4.2 高效低风险化学药剂替代技术

以“低毒、低残留、环境友好、高活性”为原则，替代高毒、高残留、高抗性风险的传统药剂，是减量增效的核心路径，不同药剂的减量增效效果如下表所示：

生物源农药替代化学农药：如用苦参碱（植物源）替代氧乐果（有机磷类）防治蚜虫，亩用量20ml，防效达85%，残留期仅3天，较氧乐果（残留期7天）缩短57%；

用苏云金杆菌(Bt, 微生物源)替代氯氰菊酯防治菜青虫, 亩用量 100g, 防效达 90%, 对蜜蜂、瓢虫无杀伤作用;
缓释剂型替代常规剂型: 将乳油、可湿性粉剂等常规

剂型, 替换为微胶囊悬浮剂、水乳剂等缓释剂型, 如吡虫啉微胶囊悬浮剂, 药剂缓慢释放, 持效期从 7 天延长至 15 天, 每季用药次数从 3 次减少至 2 次, 用量减少 30%。

表 1: 不同药剂的减量增效效果

药剂类型	药剂名称	作用机理	亩用量	每季使用次数	防效	残留量 (mg/kg)
传统高毒药剂	毒死蜱乳油	有机磷类	30ml	3	75%	0.12
低毒替代药剂	氯虫苯甲酰胺	鱼尼丁受体抑制剂	10ml	2	92%	0.01
生物源药剂	Bt 可湿性粉剂	微生物源	100g	2	88%	未检出

4.3 施药器械优化与精准施药技术

4.3.1 高效施药器械应用

无人机施药: 适用于大面积露地蔬菜基地, 无人机搭载雾化喷头, 雾滴直径 100-200 μ m, 可实现“低空飞行、均匀喷雾”, 药剂利用率达 60% 以上, 较人工喷雾 (30%) 提高 1 倍, 亩用量减少 30%-40%。例如, 在山东寿光露地甘蓝基地, 无人机喷施氯虫苯甲酰胺防治小菜蛾, 亩用量 8ml, 防效达 90%, 较人工喷雾 (12ml) 减少 33%;

静电喷雾器: 利用静电吸附原理, 雾滴带负电, 吸附于带正电的蔬菜叶片表面 (正反面均能附着), 药剂利用率达 70% 以上, 较传统喷雾器减少用药 50%。适用于设施蔬菜 (如大棚番茄、黄瓜), 可减少药剂在棚内的飘移与残留;

4.3.2 施药技术优化

针对病虫害发生部位定向施药, 如根部病害 (如韭菜根蛆) 采用“灌根”而非“叶面喷雾”, 亩用量减少 50%; 蚜虫、粉虱等叶面害虫采用“叶面点喷”, 避免药剂喷至土壤; 喷雾时间避开高温 (10:00-15:00)、大风 (风速 > 3m/s) 天气, 选择清晨或傍晚 (气温 20-25 $^{\circ}$ C、风速 < 2m/s) 施药, 减少药剂挥发与飘移^[2]。

4.4 “化学 + 非化学” 协同集成技术

将化学防控与农业防治、物理防治、生物防治结合, 构建“预防为主、综合防治”的防控体系, 减少化学药剂依赖。

4.4.1 化学 + 农业防治

“化学 + 农业防治”模式通过农业措施减少病虫害基数, 从而降低化学用药需求: 其中轮作倒茬可采用黄瓜与生菜、番茄与芹菜轮作的方式, 有效减少黄瓜枯萎病等土传病害发生, 使化学药剂用量减少 30%; 清洁田园需在蔬菜收获后及时清除病残体, 通过集中销毁或深埋的方式减少病虫害越冬基数, 进而让次年化学用药次数减少 1-2 次; 抗性品种选育则是种植抗病虫害品种, 如抗霜霉病黄瓜品种“津春 4 号”、抗蚜虫番茄品种“中蔬 10 号”, 能使病虫害发生程度显著降低。

4.4.2 化学 + 物理防治

物理措施诱杀部分害虫, 减少化学用药剂量在大棚内悬挂黄板诱杀蚜虫、粉虱, 虫口密度降低 50% 后, 喷施低剂量药剂; 设施蔬菜棚室覆盖 40 目防虫网, 阻隔菜青虫、

蚜虫等害虫侵入, 仅在虫害零星发生时喷施药剂, 用药次数从每季 3 次减少至 1 次。

4.4.3 化学 + 生物防治

生物措施控制低密度病虫害, 化学药剂应急防控高密度病虫害: 天敌昆虫 + 化学药剂, 在甘蓝田释放瓢虫 (防治蚜虫)、寄生蜂 (防治小菜蛾), 当虫口密度超过防治阈值时, 喷施对天敌低毒的药剂 (如氯虫苯甲酰胺), 用药量减少 50%; 微生物农药 + 化学农药, 先喷施枯草芽孢杆菌 (防治番茄灰霉病), 7 天后若病害仍有扩散, 喷施低剂量腐霉利^[3]。

4.5 科学布局, 优化生态结构

科学布局与生态结构优化是蔬菜化学防控减量增效的长效生态支撑, 核心是通过调整种植系统生态要素, 增强农田自我调控能力, 从源头减少病虫害, 降低化学药剂依赖。

空间上, 推行“主栽蔬菜 + 伴生植物”模式, 如大棚黄瓜间作薄荷驱避蚜虫, 露地甘蓝周边种玉米阻隔害虫迁飞; 时间上执行轮作倒茬, 如“黄瓜 - 生菜 - 芹菜”轮作, 减少土传病害, 减杀菌剂 30% 以上。

5 结论

化学防控技术作为蔬菜病虫害防控的核心手段, 在应急保障蔬菜产量、降低病虫害越冬越夏基数、提升蔬菜商品品质方面发挥着不可替代的作用。蔬菜种植化学防控技术的减量增效并非否定化学防控的价值, 而是通过科技创新与体系优化, 实现“精准、高效、绿色”的防控目标。未来, 随着技术推广的深化与政策保障的完善, 该技术将为保障蔬菜质量安全、保护农业生态环境、推动蔬菜产业绿色转型提供重要支撑, 助力实现产业经济效益与生态效益的协同发展。

参考文献

- [1] 周黎. 大棚蔬菜病虫害绿色防控技术[J]. 农村科学实验, 2025, (12):97-99.
- [2] 陈燕羽, 罗劲梅, 李萍, 等. 我国豇豆病虫害绿色防控技术研究应用进展及对策建议[J]. 植物保护, 2025, 51(02):1-7+17.
- [3] 张颖. 西兰花病虫害绿色防控技术集成与应用[J]. 农家参谋, 2022, (10):82-84.