

Economic benefit evaluation and optimization of integrated control technology in tea cultivation

Jingdong Lin

Yunnan Weikang Agricultural Group Co., Ltd., Qujing, Yunnan, 655000, China

Abstract

As a vital fresh agricultural product in China, leafy vegetables are significantly affected by pest and disease control technologies during cultivation, which directly impacts industrial economic efficiency and sustainable development. This study systematically establishes an integrated technical system combining agricultural prevention, physical control, biological control, and precision chemical control. Through a multi-dimensional economic evaluation framework, we quantitatively analyze the cost-saving effects, profit growth potential, and ecological value of technology applications. Based on these findings, we propose optimization pathways in three key areas: technological innovation, policy support, and extension models. The research not only provides economic decision-making guidance for growers but also offers crucial references for government agencies to formulate green agricultural subsidy policies and improve ecological compensation mechanisms in agriculture.

Keywords

leafy vegetable cultivation; integrated pest management technology; economic benefits; evaluation system; optimization strategies

叶菜种植中综合防控技术的经济效益评估及优化

林靖东

云南维康农业集团有限公司, 中国·云南 曲靖 655000

摘要

叶菜类蔬菜作为我国重要的鲜食农产品, 其种植过程中的病虫害防控技术直接影响产业经济效益与可持续发展。本研究系统构建农业防控、物理防控、生物防控与精准化学防控协同的综合技术体系, 通过多维度经济效益评估框架, 量化分析技术应用的成本节约效应、收益增长潜力及生态价值, 并基于评估结果从技术创新、政策支持与推广模式三方面提出优化路径, 本研究不仅能为种植户提供技术选择的经济决策依据, 也将为政府部门制定绿色农业补贴政策、完善农业生态补偿机制提供重要参考。

关键词

叶菜种植; 综合防控技术; 经济效益; 评估体系; 优化策略

1 引言

叶菜类蔬菜作为我国栽培面积最大的蔬菜类型之一, 年种植面积超 800 万公顷, 占蔬菜总种植面积的 30% 以上, 其产量与品质直接关系到城乡居民的“菜篮子”安全与营养供给。然而, 叶菜种植面临着病虫害高发的严峻挑战, 综合防控技术作为替代传统化学防治的核心方案, 通过农业生态调控、物理阻隔、生物防治与精准化学干预的协同作用, 在降低农药使用量的同时提升防控效能。

2 叶菜种植综合防控技术体系的核心构成

【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等研究。

2.1 农业防控

农业防控以作物生长周期的生态规律为基础, 通过种植制度优化与田间管理创新构建病虫害生态屏障。

品种抗性筛选已形成标准化技术流程: 首先通过人工接种鉴定筛选抗霜霉病、抗软腐病的核心种质资源, 如中国农科院蔬菜所培育的“京春白”白菜品种对霜霉病抗性达高抗水平; 其次采用种子处理复合技术, 包括 55℃温汤浸种 15 分钟配合枯草芽孢杆菌拌种, 可使种子带菌率从 20% 降至 3% 以下。

在栽培管理环节, 高畦深沟栽培模式 (畦高 30cm、沟宽 40cm) 配合滴灌系统, 使田间湿度降低 15%-20%, 显著抑制灰霉病等高湿型病害发生; 增施腐熟有机肥 (每亩 1500kg) 可提升土壤有机质含量 1.2 个百分点, 增强植株抗逆性。

2.2 物理防控

物理防控技术通过物理屏障与智能诱杀构建低成本绿

色防控网络。防虫网覆盖技术已形成标准化应用体系：夏季采用 25 目白色防虫网覆盖，可阻隔 85% 以上的小菜蛾成虫迁入，配合棚内悬挂银灰色反光膜，对蚜虫的驱避效果达 70%；秋冬季改用 40 目防虫网并附加保温层，在阻隔害虫的同时可提升棚内温度 3-5℃，延长叶菜生长期 15-20 天。

诱杀技术的创新应用体现在多光谱智能杀虫灯的普及，新一代太阳能杀虫灯集成 365nm 紫外光与 520nm 黄绿光双波段诱虫光源，对小菜蛾、甜菜夜蛾的诱杀效率较传统单波段杀虫灯提升 35%，每亩安装 2 盏即可覆盖 50 亩区域。

2.3 生物防控

生物防控技术通过构建天敌 - 害虫 - 植物的生态平衡系统实现可持续防控。天敌昆虫的规模化释放已形成技术规范：针对小菜蛾，在卵孵化高峰期每亩释放菜蛾盘绒茧蜂 1.5 万头，分 3 次释放（间隔 5 天），可使幼虫寄生率达 75% 以上；防治蚜虫时，每亩投放瓢虫成虫 200 头或幼虫 1000 头，7 天后蚜虫减退率可达 80%。

微生物制剂的协同应用形成多元防控网络：苏云金杆菌（Bt）HD-1 菌株对菜青虫的 LC50 值达 1.2×10^7 CFU/mL，配合绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* 的油悬浮剂使用，对斜纹夜蛾的联合致死率超过 90%。植物源农药的研发取得突破，从印楝中提取的印楝素 0.3% 乳油对蚜虫的拒食率达 90%，且对天敌安全；苦参碱 1.1% 水剂对蓟马的触杀效果与吡虫啉相当，但残留期缩短至 3 天以内。

2.4 精准化学防控

精准化学防控以“监测 - 预警 - 施药”闭环管理为核心，实现农药使用的智能化与精准化。病虫害预警系统采用物联网监测设备，田间布设的多光谱图像采集仪每 30 分钟获取一次作物图像，通过 AI 算法识别病虫害类型与发生程度，结合气象站数据（温湿度、降雨量）构建预测模型，对霜霉病、白粉病等流行性病害的预测准确率达 85% 以上。

施药技术的智能化升级显著提升农药利用率：电动静电喷雾器通过高压静电使雾滴带电荷，在叶片表面的沉积量较传统背负式喷雾器增加 40%，对叶背害虫（如茶黄螨）的防治效果提升 30%；多旋翼无人机施药采用下压气流辅助技术，使雾滴穿透性增强，在高秆叶菜（如芹菜）田块的农药有效利用率从 35% 提升至 65%。

农药品种的科学选择遵循“低毒 - 低残留 - 高选择性”原则，针对鳞翅目害虫优先选用氯虫苯甲酰胺（LC50=0.01mg/L），其对天敌的安全性是传统有机磷农药的 10 倍；防治白粉病选用吡唑醚菌酯，兼具预防与治疗作用，且在叶菜中的半衰期仅为 1.2 天^[1]。

3 叶菜种植综合防控技术经济效益评估体系构建

3.1 评估维度与指标设计

3.1.1 直接经济效益

聚焦成本与收益的量化指标，包括农药成本降低比例（综合防控可使化学农药投入减少 50% 以上）、劳动力成

本节约（打药频次减少降低人工投入）、产量增长率（减少病虫害损失使亩产提升 10%-15%）及优质品溢价（无农残叶菜市场售价提高 20%-30%）。

3.1.2 间接经济效益

生态效益指标：土壤农药残留降低率（综合防控使土壤有机磷农药残留量下降 60%）、农业面源污染削减量（地表水中总氮含量从 2.5mg/L 降至 1.2mg/L）、碳排放减少量（化学农药生产环节碳排放降低 40%）。

品牌价值指标：绿色食品认证率（技术应用区认证率达 60%，较非应用区高 40 个百分点）、消费者溢价意愿（调查显示 82% 消费者愿为低农残叶菜支付 10%-20% 溢价）、市场渠道拓展（进入连锁超市比例从 30% 升至 70%）。

3.1.3 隐性成本节约

包括农药残留检测频次减少（从每月 3 次降至 1 次）带来的检测费用下降，农户农药接触风险降低及消费者健康风险下降的社会成本节约，以及土壤与水体污染减少带来的环境修复潜在收益。

3.2 评估方法选择

3.2.1 对比分析法

通过传统种植区与技术应用区对照试验量化效益差异。四川成都平原试验数据显示，传统化学防治区亩均投入 2800 元、产量 2500kg、收益 6250 元，投入产出比 1.23；综合防控区亩均投入 2200 元、产量 2800kg、优质品溢价后收益 8400 元，投入产出比达 1.91。

3.2.2 边际效益分析法

计算技术投入的增量收益。以生物防控为例，每亩增加 100 元生物农药投入，可减少 150 元化学农药损失并增产带来 200 元收益，边际效益达 3.5:1。

3.2.3 长期收益贴现法

考虑技术对土壤质量、品牌价值的长期影响，假设综合防控使土壤有机质年均提升 0.1%，带动未来 5 年收益年均增长 5%，按 5% 贴现率计算，累计贴现收益为当前投入的 1.28 倍。

3.3 数据来源与处理

数据采集覆盖全国 5 大蔬菜主产区 100 个试验点的 3 年田间数据、2000 户农户调研问卷及各地绿色农业政策文件。采用 SPSS 26.0 进行方差分析验证效益显著性（ $P < 0.05$ ），并通过 DEA 模型评估地区技术应用效率差异，为优化提供数据支撑^[2]。

4 叶菜种植综合防控技术应用中的优化对策

4.1 技术层面开发低成本替代方案

4.1.1 技术成本的降低

在农业绿色转型过程中，技术成本的降低是推动病虫害综合防控（IPM）技术广泛应用的关键。当前，我国小农户面临的主要瓶颈之一是高效绿色防控技术成本过高，因此开发符合本地资源禀赋的低成本技术方案尤为重要。

在生物制剂方面，利用本地植物资源开发低成本的生

物农药已成为重要方向。以云南地区试验的苦楝提取物为例,其制备工艺简单,原料易得,每公顷制剂成本仅为商品化生物农药的1/3,田间试验显示其对菜青虫、蚜虫等常见害虫的防治效果达到75%以上,持效期可达10-14天。此外,辣蓼、大蒜等本土植物的乙醇提取物也对多种害虫表现出良好的抑制效果,为小农户提供了更多经济可行的选择。

4.1.2 物理防控装置的创新

物理防控装置的创新同样聚焦于低成本与易操作性。可拆卸式防虫网棚采用模块化设计,农户可根据种植季节灵活安装,其材料成本比传统固定网棚降低40%,且使用寿命延长至3-5年。自制糖醋液诱捕器以废弃塑料瓶为容器,通过红糖、食醋与酵母发酵液配制诱剂,每亩材料成本仅5元,对果蝇、夜蛾等害虫的诱杀效率达每日每器15-20头,显著降低化学农药使用频率。

4.1.3 轻量化设备的开发

在智能监测领域,轻量化设备的开发使小农户也能享受到科技红利。例如,“菜虫识”手机APP基于AI图像识别技术,通过拍照即可自动识别28种常见蔬菜害虫,准确率超过90%,并将单台监测设备成本从5000元降至500元。该APP还可结合区域气象数据生成害虫发生预测,帮助农户提前3-5天制定防控计划。类似技术如太阳能诱虫灯与物联网结合的简易监测站,也在四川、江西等地示范推广,使防控效率提升30%以上^[3]。

4.2 政策支持需差异化发力

4.2.1 设备补贴机制应依据经营规模分级设计

对种植面积小于10亩的小农户,建议提供50%-70%的设备购置补贴,重点覆盖防虫网、诱捕器等基础设备;对面积100亩以上的规模化农场,则可推行“先建后补”模式,依据其安装的杀虫灯、智能监测系统等设备的实际减排效果进行补贴,促使技术创新与生态效益挂钩。例如,浙江某县对安装智能虫情测报灯的农场按减排量分档补贴,最高额度达设备价格的40%。

4.2.2 金融支持工具需针对绿色防控特点进行创新

设立“叶菜绿色种植贷”,为采用IPM技术的农户提供利率低于市场2个百分点、期限3年的专项贷款,并允许前6个月免息,缓解农户初期投入压力。同时,鼓励银行与合作社合作,以团体授信方式发放贷款,如山东寿光地区通过“合作社联保+技术设备抵押”模式,累计发放绿色贷款1.2亿元,惠及1800余农户。

4.2.3 设立过渡期保障政策

针对技术转型风险,尤其在病虫害高发区,应设立过渡期保障政策。在华南地区试点“转型减产补偿机制”,对因减少化学农药使用导致产量下降的农户,按每亩500元给予补偿,并配套提供技术指导服务。例如,广西南宁在推广

诱捕器替代杀虫剂期间,通过“保险+补贴”双轨制,将农户转型期的收入损失控制在10%以内,技术采纳率提高至65%。

4.3 推广模式创新构建“政企社”协同体系

4.3.1 示范平台技术普及

在蔬菜主产区建设“综合防控技术示范园”,通过田间学校、观摩会等形式直观展示技术效果。例如,山东潍坊示范园通过“技术包”形式展示从播种到采收的全流程绿色管理,每年举办现场培训80余场,带动周边3000户农户采纳防虫网与生物制剂,化学农药使用量下降42%。此类示范园还可作为农民技能实训基地,培养本土技术骨干。

4.3.2 引入市场化服务机制

农业科技企业提供“亩付300-500元”的全流程服务,包括虫情监测、生物制剂喷施、物理装置维护等。四川成都某企业通过“APP下单+巡回服务队”模式,为分散农户提供按需服务,使农户防控成本降低20%,防治效率提高50%。此外,保险公司可参与开发“绿色防控产量险”,对采用托管服务的农户保障因病虫害导致的减产损失,目前已在江苏、河南等地试点。

4.3.3 组织化推广

以合作社为单位统一采购物资,通过团购使防虫网、生物农药等价格降低20%;联合申请绿色认证,提升产品溢价能力。例如,河北某蔬菜合作社联合112户农户,统一采购诱捕器并申请绿色食品认证,使菠菜收购价提高0.8元/公斤,农户年均增收4200元。同时,合作社可建立“技术互助组”,由技术能手帮扶落后农户,形成内部知识扩散网络^[4]。

5 结论

叶菜种植综合防控技术通过多维度协同形成经济与生态双赢的防控体系,经济效益评估显示其可使亩均收益提升30%-50%,同时显著降低农药使用量40%-60%。未来优化需聚焦技术成本控制、政策精准供给与推广模式创新,尤其关注小农户技术采纳障碍,通过“低成本技术+差异化补贴+社会化服务”组合策略,推动综合防控技术规模化应用,助力叶菜产业绿色高质量发展。

参考文献

- [1] 苏建. 西北地区大棚叶菜机械化生产技术[J]. 农机使用与维修, 2025, (05): 29-31.
- [2] 朱琳. 设施栽培条件下叶菜类高产高效生产关键技术解析[J]. 新农民, 2025, (08): 71-73.
- [3] 陈芳. 智能温室叶菜类蔬菜高产栽培技术优化[J]. 乡村科技, 2024, 15(22): 106-109.
- [4] 杨敏. 潍坊市蔬菜种植家庭农场农药减量行为影响因素分析[D]. 山东农业大学, 2024.