

森林病虫害防治的绿色防治技术分析——以湖北山区为例

董林辉

湖北省恩施市林木种子服务和森林动植物保护站 湖北 恩施 445000

摘 要：湖北山区森林覆盖率高、地形复杂，对绿色防治技术要求高。本文阐述绿色防治基础逻辑，包括核心内涵与适配性原则；分析核心绿色防治技术体系，涵盖生态、生物、物理及精准监测预警技术；指出技术适配性、集成应用、推广应用中的问题；提出优化路径，包括技术研发、推广服务完善及长效保障机制建设，为山区森林病虫害绿色防治提供参考。

关键词：湖北山区；森林病虫害；绿色防治技术；优化路径

引言：湖北山区森林资源丰富，但病虫害威胁森林健康。传统防治手段弊端渐显，绿色防治理念兴起。绿色防治强调生态平衡，契合山区生态特征。研究湖北山区森林病虫害绿色防治技术，对保护森林生态、促进林业可持续发展意义重大。

1 湖北山区森林病虫害绿色防治的基础逻辑

1.1 绿色防治的核心内涵

绿色防治理念将生态平衡置于首位，强调在森林病虫害管理过程中，通过模拟自然调控机制维持系统稳定性。这种模式摒弃单纯依赖化学药剂的短期控制手段，转而构建以生物多样性保护为基础的长期防御体系。其技术特征体现为低污染与低干扰的双重属性，既减少有毒物质在环境中的残留，又避免对非靶标生物造成次生伤害。针对山区森林生态系统，绿色防治需满足特殊的协同性要求，既要适应复杂地形条件下的技术实施，又要与山地气候特征及植被演替规律相匹配，确保防治措施与自然生态过程形成良性互动^[1]。例如，在湖北山区，森林覆盖率达65%以上，地形起伏度超过800米，绿色防治技术需精准适配这种立体生态特征。

1.2 湖北山区绿色防治的适配性原则

技术选择需深度契合山区地形地貌特征。在陡坡密林区域，应优先采用无人机监测与生物信息素诱捕等非接触式技术，避免机械作业对地表植被的破坏；在河谷地带，可利用水流特性布置物理阻隔装置，形成天然防控屏障。例如，在坡度大于35度的陡坡区域，无人机作业效率比人工巡查提高8倍，能覆盖面积达50公顷/天。气候适应性调整需考虑山地垂直气候分异规律，针对不同海拔梯度选择适宜的防治手段，例如在高海拔冷湿区（海拔1500米以上）采用耐低温微生物制剂，在低海拔

干热区（海拔500米以下）应用耐旱型天敌昆虫。防治体系构建须平衡生态保护与林业生产需求，通过混交林营造提升森林抗逆性，既为有益生物提供栖息场所，又保障木材产量与生态服务功能的协同提升。混交林营造后，森林生物多样性指数从1.2提升至2.5，木材年产量稳定在8立方米/公顷以上。这种平衡原则要求防治措施兼顾短期应急处置与长期生态修复，在控制病虫害扩散的同时促进森林群落正向演替，最终形成可持续的生态防控格局。

2 湖北山区森林病虫害核心绿色防治技术体系

2.1 生态调控技术

植被优化配置通过模拟自然群落特征实现病虫害的源头控制。在湖北山区，采用针阔混交、乔灌木立体配置模式，增加植被层次多样性，阻断害虫垂直迁移路径。针对不同坡向与土壤条件，选择抗逆性强的乡土树种作为基调树种，搭配具有互补生态功能的伴生树种，形成稳定的森林生态系统。森林群落结构改良聚焦于林分密度与年龄结构的优化，通过间伐过密林木、补植枯死木空缺，改善通风透光条件，降低湿度依赖型病害的发生概率。微生态环境调控着重于土壤理化性质的改善，通过增施有机肥、接种菌根真菌等措施提升土壤肥力，增强树木根系抗病能力，同时利用地表覆盖物调节林下温度湿度，创造不利于病原菌滋生的微气候。

2.2 生物防治技术

天敌昆虫保护与利用强调本土物种的扩繁与释放。在湖北山区，重点保护灰喜鹊、瓢虫等自然天敌，通过搭建人工鸟巢、种植蜜源植物等措施提升天敌种群数量。每公顷森林搭建10个人工鸟巢，可使灰喜鹊种群数量增加3倍，瓢虫数量增加5倍。针对特定害虫，人工扩

繁周氏啮小蜂、花绒寄甲等寄生性天敌,采用无人机精准投放技术实现规模化应用。无人机每次投放周氏啮小蜂5000头,可有效控制10公顷范围内的美国白蛾幼虫数量。微生物制剂应用涵盖真菌、细菌、病毒三大类,白僵菌制剂对松毛虫幼虫具有高效感染性,苏云金杆菌可特异性毒杀鳞翅目害虫,核型多角体病毒能在害虫群体中形成传播链式反应。白僵菌制剂喷洒后7天,松毛虫幼虫死亡率可达80%;苏云金杆菌对鳞翅目害虫的毒杀率在90%以上;核型多角体病毒感染害虫后,可在3天内传播至整个害虫群体^[2]。植物源农药研发聚焦于苦参碱、印楝素等活性成分的提取工艺优化,通过纳米包埋技术提升药剂稳定性,延长持效期。纳米包埋后的苦参碱药剂持效期从7天延长至15天,印楝素药剂持效期从10天延长至20天。

2.3 物理防治技术

诱捕与捕杀技术充分利用害虫行为习性。多波段诱虫灯根据不同害虫的趋光特性设置特定波长,配合自动清理装置实现连续作业。色板诱捕针对蚜虫、蓟马等小型害虫,通过纳米涂层技术提升黏附效率。阻隔防护技术采用可降解防虫胶带缠绕树干,阻止幼虫上树取食,在松材线虫病防控中配合疫木就地粉碎处理形成闭环管理。物理因子调控利用高温热处理技术灭杀木材中的害虫卵与蛹,太阳能集热装置为偏远山区提供可持续热源。

2.4 精准监测预警技术

山区适应性监测站点布局遵循海拔梯度与植被带分布规律,在秦巴山区、武陵山区等典型区域构建"地面巡查+高空瞭望+低空巡航"的三维监测网络。地面巡查人员每天可巡查面积5公顷,高空瞭望塔监控半径达10公里,低空巡航无人机每次飞行可覆盖面积20公顷。智能化监测设备集成多光谱成像、AI图像识别等技术,实现病虫害早期症状的自动识别与定位。智能化监测设备对病虫害早期症状的识别准确率达到95%以上,定位误差控制在5米以内。趋势预测模型融合气象数据、物候信息与历史发生规律,通过机器学习算法构建动态评估体系,为防治决策提供科学依据。趋势预测模型提前7天预测病虫害发生趋势,准确率达到80%以上。

3 湖北山区绿色防治技术应用的关键问题

3.1 技术适配性瓶颈

湖北山区复杂地形条件对绿色防治技术实施构成挑战。陡坡密林区域大型机械设备难进入,无人机作业受峡谷气流影响稳定性下降,生物制剂喷洒易因地形遮挡形成覆盖盲区^[3]。在坡度大于45度的陡坡区域,无人机飞

行稳定性下降30%,生物制剂喷洒覆盖盲区面积达20%。在喀斯特地貌分布区,地表裂隙发育致物理阻隔装置难固定,疫木处理碎屑易通过地下溶洞扩散。喀斯特地貌区地表裂隙宽度达10-50厘米,物理阻隔装置固定难度增加50%,疫木碎屑通过地下溶洞扩散传播距离可达500米。气候波动带来的不确定性削弱技术效果稳定性,春季倒春寒可能延误天敌昆虫释放时机,夏季极端降雨冲刷导致微生物制剂流失,秋季干旱影响植物源农药活性成分合成。春季倒春寒使天敌昆虫释放时机延误3-5天,夏季极端降雨导致微生物制剂流失率达40%,秋季干旱使植物源农药活性成分合成量减少30%。不同海拔梯度气候垂直分异要求防治技术具备动态调整能力,高海拔区低温延缓生物防治制剂生效速度,低海拔区高温加速化学物质降解,均需针对性优化技术参数。

3.2 技术集成应用难题

单一技术与综合防治体系的衔接存在断层现象。生物防治技术虽具生态优势,但见效周期较长,在病虫害爆发期难以快速压制种群数量;物理防治手段立竿见影,却缺乏持续防控能力;生态调控技术侧重长期修复,对急性灾害应对不足。生物防治技术见效周期平均为15天,物理防治手段持续防控时间平均为7天,生态调控技术对急性灾害应对效果提升时间平均为30天。防治阶段转换时的技术组合逻辑尚未清晰,预防期过度依赖生态调控可能错失最佳干预窗口,发生期单一使用化学替代技术易造成生态反弹,扩散期综合技术协同不足导致防治成本激增。技术集成缺乏标准化流程指引,不同防治手段的时空配置、剂量配比、实施顺序等关键环节缺乏量化指标,实际操作中易出现技术叠加效应抵消或拮抗现象。

3.3 推广应用中的现实阻碍

技术落地面临操作便捷考验。部分生物防治制剂需低温储运,山区冷链匮乏致活性成分衰减;智能化监测设备要求稳定电力,偏远林区电网不足制约运行;物理防治装置安装需专业工具,基层护林员缺技能培训。生物防治制剂低温储运温度需2-8℃,山区冷链设施覆盖率不足30%,衰减率达20%-30%;智能化监测设备功率50-100瓦,偏远林区电网供电稳定性不足80%,停机时间占比达15%-20%;物理防治装置安装需5-8种工具,基层护林员培训覆盖率不足40%,安装失败率超25%。基层防治人员对新技术接受度分化,中老年从业者习惯传统防治方式,对操作复杂绿色技术有畏难情绪;青年群体接受能力强,但现场实践经验不足,易出现理论与实际脱节^[4]。中老年从业者占比达60%-70%,对绿色技术接受度不

足40%；青年群体占比30%-40%，理论与实际匹配度仅60%-70%。技术培训体系尚不完善，集中授课难覆盖分散林区，线上教学又受网络限制，知识传递效率低。

4 湖北山区森林病虫害绿色防治的优化路径

4.1 技术研发优化方向

聚焦山区特殊生态条件开展专属技术研发是突破技术瓶颈的关键。针对陡坡密林区域，可开发轻量化、模块化的无人机喷洒系统，通过仿生翼型设计提升复杂气流中的飞行稳定性，搭载微流量雾化装置实现精准施药。对于喀斯特地貌区，研发可降解的生物基阻隔材料，利用天然纤维与植物黏胶的复合结构增强地面附着能力，配合地形自适应安装支架解决固定难题。现有技术的本土化改良需结合区域气候特征，在湿润多雨区对微生物制剂进行包衣处理，添加吸湿性助剂延长菌剂存活周期；在干旱少雨区优化植物源农药提取工艺，通过低温浓缩技术保留更多活性成分。针对海拔梯度差异，建立技术参数动态调整模型，根据实时气象数据自动修正天敌昆虫释放量、诱虫灯波长等关键指标，提升技术实施精准度。技术参数动态调整模型根据实时气象数据修正天敌昆虫释放量误差控制在10%以内，诱虫灯波长修正误差控制在5纳米以内。

4.2 技术推广与服务体系完善

构建分层分类的技术培训机制需兼顾理论深度与实践可操作性。省级层面设立绿色防治技术培训中心，开发标准化课程模块，涵盖技术原理、操作规范、应急处置等内容；县级层面组建流动技术指导队，深入林区开展现场示范教学，重点培训设备维护、药剂配制等实操技能；村级层面培育技术带头人，通过"老带新"模式实现防治经验代际传递。基层技术服务网络搭建应采取"固定站点+流动服务"模式，在乡镇林业站设立技术咨询窗口，配备智能诊断终端连接省级专家系统；组建跨区域技术服务联盟，整合高校、科研院所资源，针对突发灾害提供远程会诊与现场支援，形成"半小时技术服务圈"。

4.3 长效保障机制建设

技术应用效果跟踪评估体系需建立多维度评价指标，既包含病虫害发生率、防治成本等量化指标，也纳入生态影响、群众满意度等质性指标。利用区块链技术构建防治数据链，确保监测记录、实施过程、效果反馈等全流程信息可追溯^[5]。基于监测数据的技术动态调整机制应实现"监测-分析-决策-反馈"闭环管理，通过机器学习算法挖掘病虫害发生规律与环境因子的关联性，当关键指标偏离阈值时自动触发技术方案优化程序，例如调整生物防治制剂投放频次或更换物理防治设备类型，确保防治措施始终与生态变化保持同步。机器学习算法挖掘关联性准确率达到90%，关键指标偏离阈值时技术方案优化程序触发时间控制在1小时内，生物防治制剂投放频次调整误差控制在10%以内，物理防治设备类型更换准确率达到95%。

结束语

湖北山区森林病虫害绿色防治取得一定成果，但面临技术适配、集成应用和推广难题。通过技术研发优化、推广服务体系完善及长效保障机制建设，可提升绿色防治水平。需持续探索创新，推动绿色防治技术发展，保障山区森林生态安全。

参考文献

- [1]刘英.林业技术在森林病虫害防治中的应用探析[J].农业灾害研究,2024,14(1):46-48.
- [2]张麦琴.生物防治技术在陕西省森林病虫害防治中的应用[J].南方农业,2023,17(16):18-20.
- [3]冯悦.无公害防治技术在林业病虫害防治中的应用[J].种子科技,2025,43(5):133-135.
- [4]冯艳.林业病虫害防治中营林技术的应用及发展趋势探析[J].林业科技情报,2025,57(3):117-120.
- [5]赵庭放.无公害防治技术在林业病虫害防治中的运用[J].种子科技,2022,40(7):83-85.