

林业病虫害防治技术与生态平衡维护

李建钧

宁夏固原市六盘山林业局 宁夏 固原 756400

摘要：林业病虫害防治对森林资源、生态平衡及林业经济意义重大。当前防治以化学药剂为主，虽应急有效，但长期使用隐患多，物理与生物防治推广受限。生态挑战包括破坏森林结构稳定性、削弱碳汇功能、改变物质循环。创新技术有基因编辑、微生物制剂研发应用、智能监测与精准防治。生态平衡维护策略涵盖构建多元防控体系、加强森林生态修复保护、开展生态教育与公众参与。多管齐下，可实现林业可持续发展与生态稳定。

关键词：林业病虫害防治；生态平衡维护；创新技术策略

引言

森林作为地球生态系统的关键支柱，在维持生态平衡、提供生态服务方面发挥着不可替代的作用。然而，林业病虫害的频繁爆发严重威胁着森林的健康与稳定。病虫害肆虐，既让树木受损、森林资源锐减，又破坏生态平衡、降低生物多样性，还削弱生态系统服务功能。与此同时，林业经济也遭受重创，产业可持续发展受阻。在此情形下，探讨防治技术与生态维护策略，迫在眉睫且意义重大。

1 林业病虫害防治的重要性

林业病虫害防治在林业生态体系构建与维护中占据着举足轻重的地位，其意义深远且多元。从森林资源保护层面来看，病虫害堪称森林健康的“头号杀手”。众多害虫以树木的枝叶、树皮、木质部等为食，大量繁殖时会迅速啃食树木，致使树木生长受阻、发育不良，甚至在短时间内枯萎死亡。病害同样不容小觑，像松材线虫病这类极具毁灭性的病害，如果感染，松树会在短期内呈现出针叶失绿、枯黄、整株干枯死亡的症状，且传播速度极快，能在短时间内造成大面积松林毁灭，严重削减森林资源总量。在生态平衡维护方面，森林是地球生态系统的重要支柱，病虫害的爆发会打破其原有的生态平衡。森林中的物种相互依存、相互制约，构成复杂的食物链和食物网。病虫害致树木大量死亡，会使以树木为食的动物丧失食物来源，依赖树木栖息的生物失去生存空间，破坏整个生态系统结构与功能，削弱其稳定性和自我调节能力。林业病虫害防治对林业经济可持续发展意义重大：森林兼具生态与经济价值，木材生产、林下经济等均依赖健康森林，病虫害会降低木材质量、减少产量，影响林下作物生长收获，给林业产业造成严重经济损失，阻碍其健康稳定发展。

2 林业病虫害防治现状与生态挑战

2.1 防治现状

当前林业病虫害防治中，化学药剂仍占主导。其作用快、杀灭效率高，能在病虫害集中爆发时快速控灾，是应急常用手段。但长期大面积施用隐患凸显：药剂残留渗入土壤水体，改变微生物群落、抑制功能菌活性致土壤肥力衰退，还污染水源毒害水生生物；其广谱杀伤性也会误杀传粉及天敌昆虫，破坏林间生物多样性平衡。长期单一使用化学药剂，会促使害虫种群产生抗药性突变，缩短药剂有效作用周期，进而需增加用量或更换药剂以维持效果，形成“抗药性增强-药剂用量提升-防治成本攀升”的恶性循环。相比之下，物理与生物防治虽具生态优势，但推广受限：物理防治依赖精准把握害虫习性，声波干扰、性诱捕装置等技术适配性高，仅适用于低密度防控，应对大规模灾害效率低；生物防治受环境影响大，天敌释放、微生物制剂应用需特定生态条件，见效慢且研发应用成本高，生产实践中覆盖率低，难以替代化学防治^[1]。

2.2 生态挑战

（1）森林生态系统的结构稳定性因林业病虫害的爆发性危害遭受系统性破坏。优势害虫种群的集中侵害致使特定树种生长受阻，甚至出现区域性死亡现象，打破森林群落内原有的物种竞争格局。这种破坏通过食物链传导，从初级生产者延伸至次级消费者，表现为依赖特定树种生存的昆虫类群消失，以及相关鸟类和小型哺乳动物栖息地丧失，最终导致群落结构趋于简单化，生物多样性明显降低。（2）病虫害引发的林木生理衰退严重削弱森林生态系统的碳汇功能。受侵害林木光合效率下降导致碳固定能力减弱，同时枯木分解过程释放大量的二氧化碳，加剧区域碳循环失衡，对全球气候变化产生叠加效应。根系固土能力的退化显著增加了土壤侵蚀风

险,特别是在降水集中区域,病虫害致死林木引发的地表裸露,直接导致土壤抗侵蚀能力下降,影响区域水文循环与水体质量。(3)森林生态系统的物质循环过程因病虫害干扰发生改变。害虫取食导致的凋落物组成变化,直接影响土壤微生物群落活性与分解速率,造成土壤养分循环失衡。这种失衡限制了土壤养分的有效供给,更削弱了森林生态系统的自我修复能力,形成生态功能退化的恶性循环^[2]。

3 创新林业病虫害防治技术

3.1 基因编辑技术助力害虫防控

基因编辑技术凭借其精准靶向性,为林业害虫防控开辟了全新路径,其核心机制在于通过对害虫基因组中关键功能基因的定点修饰,干扰害虫正常生理活动,进而实现种群数量调控。当前在林业领域应用较多的CRISPR/Cas9技术,可针对害虫生长发育、繁殖行为相关的特异性基因进行编辑,例如对调控害虫羽化节律的基因进行突变,可导致害虫羽化时间紊乱,无法正常交配;对生殖细胞形成关键基因进行敲除,则能使害虫产生不育后代,通过多代累积逐步降低林间害虫种群密度。与传统化学防治相比,基因编辑技术具有明显生态优势:编辑对象仅针对特定害虫,不会对传粉昆虫、天敌生物等非靶标生物产生影响,可最大限度保留林间生物多样性;无需向环境中释放化学物质,避免了药剂残留引发的土壤、水体污染问题;通过基因编辑培育的不育害虫种群,不会引发害虫抗药性,可长期维持防控效果。

3.2 微生物制剂的研发与应用

(1)微生物制剂凭借其高环境相容性、无残留及抗药性低等优势,成为生物防治领域的核心研发方向。该技术通过利用微生物致病性与代谢活性实现病虫害防控,其研究主要聚焦于高效菌株筛选、制剂剂型优化及应用技术创新三大关键领域。(2)在高效菌株筛选环节,科研人员从土壤、林间病残体等样本中分离潜在菌株,经分子生物学鉴定与致病性测试,筛选出高活性菌株。以白僵菌为例,从染病害虫体内分离获得的菌株,对杨小舟蛾、松毛虫致死率超80%;对苏云金芽孢杆菌进行基因工程改造,可显著增强晶体蛋白杀虫活性,扩大防治谱。(3)制剂剂型优化旨在解决传统粉剂稳定性差、环境适应性弱的问题。新型微胶囊剂、水乳剂通过包膜技术保护微生物活性成分,不仅延长产品保质期,还能提升林木表面附着性能,降低雨水冲刷损耗。在应用技术革新方面,结合无人机施药、树干注射等精准作业方式,可实现微生物制剂靶向输送。以高大林木害虫防治为例,树干注射真菌制剂能通过木质部导管直达害

虫取食部位,大幅提高防治效率。随着发酵工艺的持续改进,微生物制剂生产成本不断下降,其在杉木炭疽病、核桃举肢蛾等病虫害防治中的应用范围将进一步拓展。

3.3 智能监测与精准防治技术

智能监测与精准防治技术通过融合物联网、大数据、人工智能等现代信息技术,重构林业病虫害防控流程,实现从“被动应对”向“主动预警、精准施策”的转型,其技术体系主要包括智能监测网络构建、大数据分析预警及精准施药技术三个核心模块。在智能监测网络构建方面,通过在林间布设多类型传感器与监测设备,实时采集病虫害相关数据:利用虫情测报灯结合图像识别技术,自动识别害虫种类并统计数量;通过温湿度传感器、土壤墒情传感器,记录影响病虫害发生的环境因子;借助无人机搭载高光谱相机,获取林木叶片的光谱信息,早期识别林木病害症状,实现病虫害发生情况的全方位、全天候监测。大数据分析预警模块整合历史监测、气象及林木生长数据,构建病虫害预测模型,借机器学习算法解析病虫害与环境因子关联,精准预判发生时间、范围及危害程度,通过移动端APP实时推送预警,为防控决策提供数据支撑。精准施药层面,依预警与病虫害分布数据,采用无人机定向施药、变量喷雾技术,按危害程度调药剂用量与范围,如局部病害仅对发病植株施药,用量较传统减少50%以上;结合天敌释放装置精准投放天敌,实现化学与生物防治协同,提升效果的同时降低生态干扰^[3]。

4 生态平衡维护策略

4.1 构建多元生态防控体系

(1)多元生态防控体系打破传统单一防治局限,融合物理、生物、化学技术优势。它以森林生态自调节为依托,重视生物多样性,构建天敌与害虫的平衡关系。通过保护植被结构,为天敌提供生存环境,利用自然力量防控病虫害,减少化学药剂依赖,实现森林生态可持续发展。(2)技术集成策略需紧跟生态系统的动态脉搏,构建智慧化防控体系。引入物联网传感器实时监测林分健康数据,利用AI算法精准预测病虫害发生趋势,提前布局防控措施。低发期采用基因编辑技术培育抗性树种,结合无人机喷洒微生物菌剂改善土壤微生态;中等发生强度时,部署智能诱捕系统,通过5G网络远程调控诱捕器工作状态,同步释放携带病毒的不育昆虫,阻断害虫种群繁衍;爆发期启用无人机精准变量施药,配合生物降解型农药包膜技术,实现靶向灭虫与生态保护的双重目标。(3)该防控模式通过“生态优先、精准施策”的实施路径,实现了病虫害防治与生态保护的双重

目标。其核心在于根据森林生态系统的承载能力与病虫害发生规律，动态调整防治策略，既保障了病虫害防控效果，又维持了生态系统的生物多样性与结构稳定性，从而促进森林生态系统的可持续健康发展。

4.2 加强森林生态修复与保护

森林生态修复与保护需围绕提升生态系统稳定性与抗干扰能力展开，通过针对性措施改善森林结构与环境，为生态平衡维护奠定基础。在植被恢复环节，需遵循“乡土树种优先”原则，选择与当地气候、土壤条件适配性强的树种开展造林，避免引入外来物种引发生态入侵风险；同时注重构建混交林群落，通过搭配不同树种、不同生长周期的植物，形成层次丰富的林分结构——例如将针叶树与阔叶树混交，不仅能提升林间生物多样性，还能通过树种间的化感作用抑制病原菌传播，增强森林对病虫害的抗性。封山育林作为生态修复的重要手段，需通过减少人为干扰，促进森林植被自然更新，尤其针对退化林地，可通过设置封禁区域，让林木自然生长、土壤肥力逐步恢复，形成稳定的生态群落。天然林保护则需聚焦生态系统的原始性与完整性，避免因砍伐、开垦等行为破坏林间生物栖息地与生态廊道，维持天然林在碳汇、水土保持、生物多样性保护等方面的核心功能。

4.3 开展生态教育与公众参与

(1) 生态教育需突破传统传播范式，采用多模态教学策略，将林业病虫害防控作为核心切入点，通过生态模拟实验、数字孪生技术等可视化工具，揭示病虫害对森林群落结构的破坏机制，以及生物防治、物理防治等生态调控手段对维持物种多样性的作用机理，实现生态保护知识从理论向认知的有效转化。(2) 公众参与机

制的优化应遵循差异化设计原则。针对具有专业背景的群体，可构建标准化监测网络，配备便携式智能监测设备，建立数据采集与分析平台，引导其参与林业病虫害的早期预警工作；面向普通公众，则设计低门槛实践项目，如义务植树、生态巡护等，通过直观的生态修复体验增强参与意愿。(3) 通过构建“知识传递-实践参与-成果反馈”的生态治理体系，能够有效培育公众生态保护意识，形成全社会协同参与的治理格局。这种自下而上的生态治理模式，可显著提升林业生态系统管理的社会参与度，为生态平衡的长期稳定提供持续动力^[4]。

结束语

林业病虫害防治技术与生态平衡维护紧密相连、相辅相成。创新防治技术是应对病虫害威胁、保障森林健康的关键手段，基因编辑、微生物制剂及智能监测等技术的不断发展，为病虫害防治提供了更高效、环保的解决方案。而生态平衡维护策略则为林业可持续发展筑牢根基，多元防控体系、森林生态修复保护以及生态教育与公众参与，共同构建起一个稳定、和谐的森林生态系统。

参考文献

- [1]李恒刚.林业病虫害防治技术与生态平衡维护[J].林业科技情报,2025,57(2):152-154.
- [2]李宗海.林业病虫害防治技术及生态保护措施[J].农村科学实验,2025(2):109-111.
- [3]罗维,熊梅玫,谭风华.生态理念下林业栽植技术与病虫害防治措施[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2025(4):093-096.
- [4]辛海港.生态理念下林业营造林技术及病虫害防治探究[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2025(1):131-134.