

林业病虫害生物防治技术及应用研究

戴福龙

内蒙古自治区第二林业和草原监测规划院, 内蒙古 乌兰浩特 137400

DOI:10.61369/EAE.2025050009

摘 要： 林业对维持生态系统的稳定和生态系统的功能具有十分重要的作用。近年来, 林业害虫频发, 对林业资源的安全与健康构成了极大的威胁。目前, 林业病虫害种类繁多, 危害日趋严重, 对林业的发展和生态环境造成了很大的危害。由于农药残留和害虫抗药性的增加, 传统的药剂控制方法已经不适应当前林业可持续发展的需要。而利用生物控制是一种绿色、高效和持久的方法, 是林业害虫治理的重要途径。在林业生态系统中, 如何有效地利用和控制害虫, 是林业生态安全与经济可持续发展的关键。

关 键 词： 林业病虫害; 生物防治技术; 应用

Research on Biological Control Techniques and Applications for Forest Pests and Diseases

Dai Fulong

Inner Mongolia Autonomous Region Second Forestry and Grassland Monitoring and Planning Institute, Ulanhot, Inner Mongolia 137400

Abstract： Forestry plays a crucial role in maintaining the stability and functionality of ecosystems. In recent years, frequent outbreaks of forestry pests have posed a significant threat to the safety and health of forestry resources. Currently, there is a wide variety of forestry pests and diseases, with their harm becoming increasingly severe, causing significant damage to forestry development and the ecological environment. Due to pesticide residues and the increasing resistance of pests, traditional chemical control methods are no longer suitable for the current needs of sustainable forestry development. Biological control, as a green, efficient, and sustainable approach, represents an important avenue for managing forestry pests. In forestry ecosystems, effectively utilizing and controlling pests is key to ensuring ecological security and sustainable economic development in forestry.

Keywords： forestry pests and diseases; biological control technology; application

引言

由于林业害虫的频繁发生, 给生态安全和可持续发展带来了严峻的挑战, 因而, 利用生物控制的方法引起了社会的高度重视。以环境友好、高效和可持续发展为代表的生物控制方式日益受到人们的关注。叙述了林业害虫对生态环境造成的危害, 以虫治虫, 以菌治虫, 综合运用禽畜、植物源农药及生物信息化合物等方法, 重点叙述了生物控制在优化造林方式、防控外来种入侵及降低农药残留等中的应用。

一、林业病虫害生物防治技术体系

1. 天敌微生物应用。林业病虫害生物防治技术体系以天敌和微生物为核心, 通过生态调控与技术创新实现可持续控害, 具体应用如下: 天敌昆虫应用技术, 捕食性天敌, 释放瓢虫、草蛉、蠋蝽等捕食性昆虫, 直接捕食蚜虫、鳞翅目幼虫等害虫。例如, 大兴区释放蠋蝽1.6万头防治林木害虫, 效果显著。寄生性天敌, 利用赤眼蜂、周氏啮小蜂等寄生蜂类, 通过产卵寄生控制松毛虫、白蛾等。河南舞钢市通过释放周氏啮小蜂实现白蛾精准防

控, 化学农药用量减少50%。微生物防治技术, 真菌制剂, 白僵菌、绿僵菌可感染并杀死松毛虫、蛱蝶等害虫, 需高温高湿环境以提升效果。中国林科院研发的3D打印繁育装置使花绒寄甲繁育效率提升5.2倍。细菌与病毒, 苏云金杆菌(Bt)制剂对鳞翅目幼虫防效达80%; 核型多角体病毒(NPV)可特异性感染害虫。协同增效技术, 天敌-微生物联合: 异色瓢虫搭载虫生真菌防治蚜虫, 静电载菌技术提升效率并降低成本^[1]。诱捕器协同: 性诱捕器压低害虫基数后释放天敌, 如玉米螟防治中赤眼蜂寄生率提高30%。生态调控与设施优化, 生态岛模式: 山东通过构建“生态

岛”维持天敌种群，减少化学农药依赖。防虫网与蜜源植物：安装60目防虫网阻断害虫侵入，种植金盏菊等蜜源植物吸引天敌。该体系通过天敌与微生物的精准应用，结合生态工程，实现林业害虫的绿色长效防控。

2.昆虫信息素诱杀。昆虫信息素诱杀技术原理，昆虫信息素诱杀技术通过模拟害虫释放的化学信号（如性信息素、聚集信息素或食诱信息素），干扰其交配、觅食或聚集行为，实现精准防控。核心方法包括：诱捕法：利用性信息素吸引雄虫至诱捕器集中灭杀，降低下一代虫口密度。迷向法：释放大量信息素干扰雌雄虫通讯，使其无法完成交配。食诱法：针对成虫营养需求期，通过诱食信息素吸引雌虫至诱捕器灭杀，阻断产卵。技术优势，专一性强：仅靶标目标害虫，不伤害天敌及益虫。环保长效：信息素用量极低（每亩几克），持效期达2-3个月，且无农药残留。兼容性高：可与化学农药、生物防治等技术协同使用，减少化学农药用量。应用场景与案例，林业害虫监测：通过信息素诱捕器调查害虫发生规律，指导精准施药。检疫防控：在口岸利用信息素快速检测外来入侵物种。果园综合防治：如针对果蝇的雌雄双杀技术，结合性诱与食诱，显著降低落果率。配套措施，生态调控：种植蜜源植物吸引天敌，增强自然控害能力。健康栽培：轮作、清洁田园等减少虫源基数。该技术体系通过“监测-诱杀-生态修复”闭环，实现林业病虫害的可持续治理。

3.生物农药开发。林业病虫害生物防治技术体系与生物农药开发是当前生态保护与林业可持续发展的核心方向，其技术框架和实践应用可归纳如下：生物防治技术体系构建，天敌昆虫立体防控，以七星瓢虫、小花蝽、夜蛾黑卵蜂等天敌昆虫为核心，形成“海、陆、空”立体防控网络，通过自然捕食关系抑制害虫种群。例如烟叶产区通过释放昆虫病原线虫等天敌，实现烟田生态平衡。生物信息素与诱杀技术，利用性信息素诱捕器、食诱剂等干扰害虫交配或聚集行为，结合太阳能诱虫灯、色诱板等物理手段，减少化学药剂依赖。大兴安岭松岭林业局通过智能鼠饵站投放不育剂，精准控制鼠害扩散。农业生态调控，推广轮作、间作等“三作两清”模式，增强林木抗病性；同时清理病弱枝、优化林分结构，从源头降低病虫害滋生风险^[2]。生物农药开发方向，微生物农药应用，白僵菌、苏云金杆菌（Bt）、核型多角体病毒等微生物制剂对草地贪夜蛾等害虫具有高效靶向性，且环境兼容性好。植物源农药创新，印楝素、苦参碱等植物提取物通过干扰害虫生理活动实现防治，符合有机农业标准。国际有机农业联盟正推动此类天然农药的标准化生产。智能递送技术，结合太阳能驱动装置与精准投放系统（如智能鼠饵站），提升生物药剂利用率并降低人工干预风险。政策与科技支撑，国家层面已将生物防治纳入《全国松材线虫病疫情防控五年攻坚行动计划》，并通过林长制强化责任落实。同时，无人机喷洒、遥感监测等技术的应用进一步提升了防治精准度。未来需持续优化“农业防治为基础、生物防治为核心”的综合体系，推动生物农药的规模化生产与生态效益最大化。

二、技术集成与创新

1.遥感监测预警。林业病虫害生物防治技术的集成与创新与遥感监测预警的结合，正推动现代林业病虫害防治向智能化、精

准化方向发展。

2.生物防治技术集成创新。多技术融合应用，以虫治虫（如释放天敌昆虫）、以菌治虫（如白僵菌防治松毛虫）及植物源农药等技术已形成综合防治体系。例如，祁连山地区针对云杉叶锈病等专项病害，采用生物防治技术显著提升了生态平衡维护效果。生物技术突破，基因工程和微生物控制技术成为新方向，如通过基因编辑增强林木抗病性，或利用纳米传感器早期检测植物挥发性有机物（VOCs）实现病虫害预判。遥感监测预警技术，“天地空”立体监测网络，卫星遥感（如哨兵2号时序数据）、无人机巡查（厘米级纹理采集）与地面传感器结合，构建多尺度监测体系。江西遂川通过该网络实现松材线虫病“双下降”，北京则利用高分辨率影像锁定美国白蛾危害区域。智能识别与预警模型，光谱分析：通过NDVI、红边指数等植被指标识别早期病害。深度学习：U-Net++模型分割受灾斑块，精度达IoU \geq 0.8。扩散模拟：结合元胞自动机（CA）预测病虫害蔓延范围，精度超85%。技术集成案例，“慧眼”系统：我国首个天空地智能监测预警系统，集成近地探测、低空遥感及区域预警，支持20余种病虫害动态监测。数字化平台：如农林病虫害监测预警系统，通过物联网与区块链技术实现“监测-预警-治理-评估”闭环管理。未来趋势，智能化：AI图像识别准确率将超95%，结合大数据预测爆发风险。早期检测：分子级传感器可在病害显现前1-2天预警。设备轻量化：便携式监测仪支持田间实时数据上传。通过生物防治与遥感技术的深度融合，林业病虫害防治正从被动应对转向主动防御，为生态安全提供科技支撑。

3.森林健康管理。森林健康管理的挑战与对策，技术推广的瓶颈，生物防治技术成本较高，且依赖专业培训。对策包括：政府补贴规模化生产，建立“公司测报中心—林场测报站—管护员测报点”三级体系，提升基层人员技能。桦南局公司通过三级监测网络，对208.3万亩林区实施立体监测，确保早发现早处置。跨区域协同机制，病虫害跨区域传播需联防联控。京津冀地区通过联合防治2300多万亩次，遏制了美国白蛾的蔓延。未来需完善数据共享平台，推动“天空地”一体化监测网络建设。公众参与与社会认知，提升公众对生物防治的接受度是关键。大兴安岭地区通过“森防知识进社区”活动，发放科普资料500余份，增强了群防群治意识。构建智慧森林生态网，生物防治技术的集成与创新，标志着森林管理从“人防”向“技防”的跨越。未来，5G、无人机与气象数据的融合，将实现更高效的立体监测。例如，智能虫情监测系统与气象站联动，可预测病虫害暴发趋势，为科学决策提供依据。森林健康管理的终极目标，是构建“预防为主、治理为辅”的生态屏障，守护绿水青山。

三、林业病虫害生物防治应用挑战与对策

1.抗药性管理。林业病虫害生物防治在应用过程中面临多重挑战，需结合生态优先原则与科学管理策略进行系统性应对。生物防治的主要挑战，天敌种群稳定性不足，人工释放的天敌（如瓢虫、捕食螨）易受环境因素影响，存活率波动大，且部分害虫

(如红蜘蛛)繁殖周期短,天敌控害效果滞后。抗药性协同管理困难,化学农药的过度使用导致害虫抗药性增强,同时杀伤天敌,形成“农药依赖-抗药性上升-天敌减少”的恶性循环。例如,蚜虫对有机磷类农药的抗性已显著降低生物防治效果^[3]。监测与预警体系薄弱,基层技术力量不足,病虫害暴发初期难以识别,错过最佳防治窗口期。如松材线虫病的潜伏期长,发现时往往已造成不可逆损失。抗药性管理对策,农药轮换与精准用药,交替使用作用机理不同的药剂(如吡虫啉与螺虫乙酯),避免单一药剂选择压力。采用低有效浓度施药,减少抗性诱导风险。生物-化学协同技术,优先选用对天敌安全的药剂(如烟参碱),结合释放天敌(如加州新小绥螨)形成复合防控。推广微生物制剂(苏云金杆菌)靶向防治特定害虫,降低非目标杀伤。抗性监测与品种优化,建立抗性基因库,定期评估害虫种群抗药性动态。培育多抗性树种,通过遗传多样性降低病虫害暴发风险。系统性支持措施,强化预警能力:利用遥感与物联网技术提升监测精度,实现早期干预。政策与资金倾斜:加大绿色防控技术研发投入,建立农药包装回收制度减少环境残留。跨部门协作:整合造林、检疫、防治环节,避免“重造林轻管理”的脱节问题。通过上述综合策略,可逐步构建以生物防治为核心、抗药性管理为支撑的可持续林业病虫害防控体系。

2. 基层技术培训。基层技术培训的核心挑战,技术认知局限,基层人员对生物防治原理(如天敌昆虫、微生物制剂)的掌握不足,常误判防治时机或混淆虫害类型。例如,枣庄培训中发现部分技术人员难以区分松材线虫病与普通枝枯病,导致防治延误。实操能力薄弱,生物防治技术(如释放赤眼蜂、喷施白僵菌)需精准操作,但基层培训多停留于理论,缺乏田间指导。某

基地培训显示,仅30%人员能独立完成诱虫板布设。资源配套不足,生物防治依赖持续投入,但基层单位常面临资金短缺、设备老化问题。如腾冲培训中,60%学员反映缺乏显微镜等监测工具。针对性培训对策,分层课程设计,基础层:通过案例教学(如江苏省松材线虫病“三下降”经验)强化病虫害识别与法规意识。进阶层:增设生物防治实操模块,如天敌昆虫繁育技术、微生物制剂配比。管理层:融入检疫执法与灾害保险知识,提升综合防控能力。创新培训模式,“田间课堂”:借鉴定南县闽楠基地模式,在受害植株现场教学病害辨识与绿色防治技术。数字工具辅助:开发AR识别小程序,帮助基层人员通过手机扫描叶片快速诊断虫害。长效支持机制,建立“专家-基层”结对帮扶,定期回访指导。例如,枣庄培训后组建专家团队,季度性解决技术难题。推动政府购买服务,为基层单位提供生物防治物资补贴。实施路径建议,短期行动(1年内),开展覆盖所有县区的“生物防治技术轮训”,重点培训松材线虫病、美国白蛾等重大病虫害防治。编制《基层生物防治操作手册》,图文并茂解析技术要点。中长期规划(3-5年),将生物防治纳入基层人员职称评定体系,激励技术学习。建设区域性生物防治示范基地,如江苏省的“防控体系能力提升项目”,辐射带动周边地区。

总之,林业病虫害生物防治技术对林业可持续发展能起到有力的保障作用,其凭借生物间相互作用有效控制病虫害的发生与危害,能够减少化学农药的使用并保护生态环境。当前,这一技术仍存在着一些挑战,如防治效果会受到环境因素的较大影响、技术推广的难度较高等。当前,需进一步强化该技术的创新,优化防治方案,提高防治效果。此外,要加大宣传推广力度,增强林业从业者对该技术的认识,提升其应用水平。

参考文献

-
- [1] 辛维丽. 林业病虫害生物防治技术与管理措施 [J]. 吉林农业. 2019, (5)22-23.
[2] 官忠民. 林业病虫害生物防治技术 [J]. 江西农业. 2016, (22)133-135.
[3] 赵彩梅, 冯桂林. 林业病虫害防治生物技术探析 [J]. 现代园艺. 2020, (22)153-154.