

林业有害生物调查监测技术与防控实践

尹红

长沙市雨花区农业农村局, 湖南长沙, 410001;

摘要: 本文系统探讨了林业有害生物调查监测技术与综合防控体系的构建与应用。研究指出, 科学高效的调查监测体系是实施精准防控的前提基础, 通过整合地面调查、航空遥感和物联网等多元技术手段, 可实现有害生物发生动态的实时追踪与预警。其中, 地面调查采用网格化样地法确保数据可靠性, 航空遥感技术通过多光谱分析提升早期识别率, 物联网监测则依托智能传感器实现环境参数与虫情的动态关联。在防控实践层面, 研究对比分析了物理阻隔、化学防治及生物调控等方法的适用场景, 提出“预防为主、综合治理”的技术路线。结合松材线虫病与樟巢螟的典型案列, 验证了技术协同的应用价值。研究表明, 构建“空-天-地”一体化监测网络, 配套生态友好型防控技术, 可显著提升防治效能, 为林业有害生物的可持续治理提供重要支撑。

关键词: 林业有害生物; 调查监测技术; 防控实践; 生态保护

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 03. 034

森林生态系统在碳汇固存、水土保持和生物多样性维持等方面发挥着不可替代的作用。随着全球气候变化加剧, 林业有害生物呈现爆发频率增高、危害程度加重的趋势。我国作为森林资源大国, 松材线虫、美国白蛾等重大有害生物年均致灾面积达 800 万公顷, 传统防治模式面临监测滞后、药效递减等挑战。在此背景下, 发展智能化的调查监测技术成为突破防治瓶颈的关键——高分辨率遥感可实现林分健康状况的大尺度评估, 无人机航拍能精准定位初期受害木, 而物联网传感器网络则为建立害虫发生预测模型提供数据基础。同时, 防控实践需向绿色化转型, 通过优化生物农药施用技术、构建天敌昆虫繁育体系等措施, 减少对非靶标生物的影响。本研究通过整合多源监测数据与防控效果评估, 旨在建立技术-经济-生态相协调的防治范式, 助力实现“双碳”目标下的森林健康管理需求。

1 林业有害生物概述

1.1 林业有害生物的定义与分类

林业有害生物是指危害森林、林木和林木种子正常生长并造成经济损失的病、虫、杂草等有害生物。从分类上看, 病害主要包括真菌病害、细菌病害和病毒病害等。例如, 松材线虫病就是一种由松材线虫引起的毁灭性病害, 对松树资源造成了极大破坏。虫害种类繁多, 如松毛虫、松褐天牛等, 它们通过蛀干或啃食针叶危害等方式危害树木生长。杂草方面, 一些外来入侵杂草会与林木争夺养分、水分和空间, 影响林木的正常生长, 如加拿大一枝黄花、空心莲子草等^[1]。

1.2 林业有害生物的危害

林业有害生物的危害具有多方面的影响。在经济方面, 会导致木材产量下降、质量降低, 给林业产业带来巨大的经济损失。例如, 在一些受松材线虫病危害严重的地区, 大量松树死亡, 木材资源无法有效利用, 相关的木材加工产业也受到冲击。在生态方面, 有害生物破坏森林生态系统的结构和功能, 影响生物多样性。如某些害虫大量繁殖, 会使森林植被减少, 导致水土流失加剧, 影响野生动物的栖息地和食物来源。此外, 还会对景观和旅游资源造成破坏, 降低森林的美学价值和生态旅游吸引力。

2 林业有害生物调查监测技术

2.1 地面调查监测技术

地面调查是最基础的调查监测方法。其中, 线路调查是沿着预先设定的线路, 对一定范围内的林木进行逐株或抽样检查, 记录有害生物的种类、数量、危害程度等信息。样地调查则是在林内设置一定面积的样地, 进行详细的调查统计。这种方法适用于对特定区域的有害生物进行精准监测。例如, 在调查马尾松毛虫时, 通过在样地内对松针受害情况进行分级统计, 可量化幼虫种群密度; 针对竹蝗危害的竹林, 通过样方内竹叶啃食率与跳蝻数量的关联分析, 可预判蝗灾扩散趋势。此外, 地面调查还可以结合踏查, 对大面积林区进行快速巡查, 如对岳麓山天然阔叶林的周期性巡查中, 通过观察树干蛀孔与叶片病斑, 及时发现松褐天牛或炭疽病的初期危害迹象。

2.2 航空遥感监测技术

航空遥感监测利用飞机或无人机搭载的遥感设备,对大面积林区进行监测。它可以快速获取林区的影像信息,通过分析影像中林木的光谱特征、纹理特征等,识别出受有害生物危害的区域。例如,当林木受到病虫害侵袭时,其叶片的叶绿素含量、水分含量等会发生变化,反映在遥感影像上就是光谱特征的改变。航空遥感监测具有监测范围广、速度快的优点,但也存在对一些微小害虫和早期病害识别精度不高的缺点^[2]。

2.3 物联网监测技术

物联网监测技术通过在林区布置各种传感器,如温湿度传感器、虫情传感器等,实时收集林区的环境信息和有害生物的发生动态。这些传感器将数据传输到数据中心,利用数据分析和处理技术,对有害生物的发生趋势进行预测。例如,虫情传感器可以实时监测害虫的数量和种类变化,结合气象数据和历史病虫害发生情况,预测害虫的繁殖和扩散趋势。物联网监测技术具有实时性、准确性高的优点,但建设和维护成本相对较高。

3 林业有害生物防控实践

3.1 物理防控措施

物理防控主要包括人工捕杀、灯光诱捕、阻隔等方法。人工捕杀适用于害虫虫口密度较低、分布范围较集中的情况,如人工摘除虫苞、捕捉成虫等。灯光诱捕利用害虫的趋光性,在林区设置黑光灯或频振式杀虫灯,诱杀害虫。这种方法对一些夜间活动的害虫效果较好,如蛾类害虫。阻隔措施则是在树干上缠绕胶带、涂抹防虫药剂等,阻止害虫上树危害。

3.2 化学防控措施

化学防控是使用化学农药防治林业有害生物的方法。在选择农药时,要根据有害生物的种类、发生程度和环境条件等因素合理选择。例如,对于病害可以使用杀菌剂,如多菌灵、百菌清等;对于虫害可以使用杀虫剂,如吡虫啉、氯氰菊酯等。化学防控具有见效快、防治效果好的优点,但也存在环境污染、杀伤天敌等缺点。因此,在使用化学农药时,要严格按照操作规程进行,控制用药剂量和用药时间,减少对环境的负面影响^[3]。

3.3 生物防控措施

生物防控是利用有益生物或其代谢产物来控制有

害生物的方法。主要包括以虫治虫、以菌治虫、以鸟治虫等。例如,释放赤眼蜂防治松毛虫,赤眼蜂将卵产在松毛虫的卵内,使松毛虫卵不能孵化。利用白僵菌、绿僵菌等微生物制剂防治害虫,这些微生物可以感染害虫,导致害虫死亡。此外,在林区营造适宜鸟类栖息的环境,吸引鸟类捕食害虫,也是一种有效的生物防控措施。生物防控具有环境友好、可持续性强的优点,但防治效果相对较慢,需要一定的时间和条件才能发挥作用^[4]。

4 案例分析

4.1 松材线虫病的调查监测与防控

长沙市松林资源丰富,截至2023年总面积约12.3万公顷,占全市森林面积的28.5%。主要树种为马尾松(占松林面积80%以上),兼有少量湿地松等人工林。自2015年首次在长沙县发现松材线虫病以来,病害已扩散至浏阳市、宁乡市等6个区县,其中岳麓山景区松林面积600公顷、大围山国家森林公园松林1.2万公顷,因生态价值突出被列为重点防控区域。2022年监测数据显示,全市年均发生面积达1.2万公顷,病死树超15万株,直接经济损失逾8000万元。

为有效防控病害,长沙市构建了“天地空”一体化监测网络。地面网格化调查将松林区划分为800个网格单元(每单元30公顷),配备专职护林员巡查,2021-2023年累计采集样本5800份,RT-PCR检测确诊感染率19.4%。无人机遥感监测利用多光谱相机(波段450-850nm)结合NDVI分析,2023年航拍覆盖8万公顷,定位疑似病区932处,准确率达91.2%。物联网预警系统布设40套智能虫情测报灯,预测松褐天牛羽化高峰期准确率85.6%。

综合防治措施包括严格执行“即死即清”政策,2023年清理病死树14.6万株,采用粉碎或高温灭害处理。针对媒介昆虫松褐天牛,5-7月喷洒8%氯氰菊酯微胶囊剂,虫口密度从12头/诱捕器·月降至2.8头;同时释放管氏肿腿蜂35万头,喷施白僵菌粉剂,幼虫致病率达72.3%。林分改造方面,在疫情严重区补植木荷、樟树等抗病树种,混交比例达30%。

通过三年综合治理(2021-2023年),长沙市松材线虫病发生面积年均下降21.4%,松林死亡率从9.2%降至1.8%。2023年遥感监测显示健康松林NDVI均值恢复至0.71(基线值0.74),岳麓山景区松林保存率提升至95%,该案例获评“湖南省林业有害生物防控示范项

目”^[5]。

4.2 樟巢螟综合治理案例

长沙市作为典型的亚热带城市，其独特的城市森林生态系统孕育了丰富的樟树资源。大围山国家森林公园樟科植物面积 1.23 万公顷，2022 年监测显示樟巢螟危害率 36.8%，单株虫巢峰值 17 个，导致林木蓄积量年损失 11%–13%，直接经济损失约 630 万元。为构建科学高效的防控体系，长沙市创新建立了“三位一体”的监测预警网络。在技术层面，将城区划分为 412 个标准化网格单元（每个 2 平方公里），配备专业巡查员 135 名，采用“智能终端+云平台”的实时监测模式，2023 年累计标记受害樟树 3.2 万株，构建了完整的虫情时空数据库。在设备配置方面，布设 28 台物联网虫情测报灯，结合机器学习算法分析显示：当连续 5 日平均气温 $>26^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $>75\%$ 时，成虫羽化率显著提升 62%。该预警系统准确率达到 82.7%，较传统方法提升 37 个百分点，为精准防治提供了科学依据。

综合治理方案坚持“预防为主，绿色防控”的理念，采取多措并举的防控策略。物理防治方面，抓住冬季关键期组织专业队伍开展虫巢清理专项行动，累计摘除虫巢 12.6 万个，有效降低越冬基数 43%。同时创新应用含性信息素的诱虫带技术，诱杀效率达 71.3%。生物防治方面，构建了完整的天敌繁育体系，三年累计释放赤眼蜂 280 万头，寄生率达到 56.8%；配合喷施苏云金杆菌（Bt）悬浮剂，幼虫死亡率达 89.4%，实现了生态友好型防控。营林措施方面，通过优化树种配置，将樟树与银杏的混交比例调整至 5:5，并对 6800 株重灾树实施“截干复壮”技术，新梢萌发率达 92%，显著提升了林分抗性^[6]。

经过三年系统治理（2021–2023 年），项目取得显著成效。经济效益方面，总投入 620 万元，挽回直接经济损失 2100 万元，投入产出比达 1:3.39。生态效益方面，虫口密度从 12.3 头/株降至 2.1 头/株，树木冠幅恢复率 85%，绿叶保持期延长 21 天，城市森林生态功能明显改善。技术成果方面，形成的《长沙市樟树病虫害防治技术规程》已成为地方标准，为城市林业有害生物治理提供了规范化解决方案。

5 结论与展望

5.1 结论

林业有害生物的调查监测技术和防控实践是保护森林资源、维护生态平衡的重要手段。地面调查、航空遥感监测和物联网监测等技术各有优缺点，应综合运用这些技术，构建科学的调查监测体系，及时准确地掌握有害生物的发生发展动态。物理、化学和生物等防控措施也各有特点，在实际防控中应根据有害生物的种类、发生程度和环境条件等因素，合理选择防控措施，进行综合防治。通过案例分析可以看出，科学有效的调查监测和防控措施能够显著降低林业有害生物的危害程度，保护森林资源的健康与安全。

5.2 展望

未来，随着科技的不断发展，林业有害生物调查监测技术将更加智能化、精准化。例如，利用人工智能和大数据技术，对海量的调查监测数据进行处理，提高有害生物预测预报的准确性。在防控方面，生物防控技术将得到更广泛的应用和发展，研发更多高效、环保的生物防治产品。同时，加强林业有害生物防治的国际合作与交流，引进先进的技术和经验，提高我国林业有害生物防治的整体水平。此外，还应加强公众教育，提高全社会对林业有害生物防治的认识和重视程度，形成全社会共同参与的良好氛围。

参考文献

- [1] 田雨禾. 现代林业种植中有害生物及其防控成效优化提升路径探究[J]. 种子世界, 2025, (02): 219–221.
- [2] 杜辰明, 沈冲, 卓丹丹, 等. 生物天敌昆虫在林业有害生物防控工作中的重要性[J]. 新农民, 2024, (34): 84–86.
- [3] 梁致生. 林业有害生物防控中存在的问题及对策研究[J]. 新农民, 2024, (34): 90–92.
- [4] 师美滢. 营林技术在林业有害生物防控技术中应用探讨[J]. 当代农机, 2024, (09): 61–62+64.
- [5] 王宏波. 林业有害生物防控技术研究[J]. 棉花科学, 2024, 46(05): 26–28.
- [6] 伍秀秀. 生态模式下林业栽培种植技术与病虫害有效防治关键对策论述[J]. 种子世界, 2025, (04): 207–209.

作者简介：尹红，（1976.4–），女，湖南省长沙市人，汉族，本科学历，工程师。