

Biological control techniques for Pests and Diseases in Artificial Forests of the Greater Xing 'an Range and Assessment of Ecological Benefits

Li Zhang

Forest Pest and Disease Control and Quarantine Station Kudu Forest Industry Company Inner Mongolia Forest Industry Group, Yakeshi, Inner Mongolia, 022164, China

Abstract

The Greater Xing 'an Range is an important cold-temperate forest ecological barrier in China. However, the artificial forests have long been planted on a single tree species scale, resulting in a single ecological structure, weak stress resistance, and vulnerability to forest pests and diseases. Traditional chemical control methods carry risks of environmental pollution and secondary pests, making it difficult to meet the demands of green control. Biological control, as an important approach to the healthy management of artificial forests, can balance ecological and economic benefits. Based on the analysis of the current situation of pests, this paper explores strategies such as the release of parasitic natural enemies, the application of microbial preparations, and the optimization of forest stand structure and habitat, constructs a collaborative regulation mechanism of "pests - natural enemies - habitat", and evaluates the effects from aspects such as ecological restoration, landscape pattern, and forest health improvement. The research suggests that it is necessary to strengthen monitoring and early warning, promote the breeding of local natural enemies and multi-subject collaborative governance to consolidate regional ecological security.

Keywords

Greater Khingan Range; Artificial forest; Pest control; Biological control; Release of natural enemies; Forest ecological benefits

大兴安岭人工林有害生物生物防治技术与生态效益评估

张丽

内蒙古森工集团库都森工公司森林病虫害防治检疫站, 中国·内蒙古 牙克石 022164

摘 要

大兴安岭是我国重要的寒温带森林生态屏障, 但人工林长期以单一树种规模营造, 生态结构单一, 抗逆性弱, 易受林业有害生物侵袭。传统化学防治存在环境污染和次生虫害风险, 难满足绿色防控需求。生物防治作为人工林健康经营的重要路径, 可兼顾生态与经济效益。本文在分析虫害现状基础上, 探讨寄生性天敌释放、微生物制剂应用和林分结构及生境优化等策略, 构建“害虫—天敌—生境”协同调控机制, 并从生态恢复、景观格局和森林健康提升等方面评估效果。研究认为, 应强化监测预警、推进本地天敌繁育和多主体协同治理, 以巩固区域生态安全。

关键词

大兴安岭; 人工林; 有害生物防治; 生物防治; 天敌释放; 森林生态效益

1 引言

大兴安岭地区具有寒温带针叶林生态系统典型性, 是我国北方林区的重要战略性生态屏障。自上世纪以来, 在国家三北防护林、天然林保护工程以及退耕还林政策的推动下, 大兴安岭地区形成了以樟子松、云杉、落叶松等为主体的人工林林带。然而, 由于人工林形成时间相对集中、树种配置趋同、林分年龄结构单一, 森林生态系统的稳定性与自调节能力不足, 导致林业有害生物在部分区域呈现高发

态势。例如, 樟子松毛虫、落叶松毛虫、松梢虫及树皮甲虫等害虫在某些林分内呈周期性暴发, 不仅造成林木生长势衰弱, 还直接影响森林整体生态功能。长期以来, 人工林病虫害治理主要依赖化学药剂, 该方式虽能在短期内获得显著控害效果, 但由此引发的天敌种群锐减、林下生物群落结构紊乱、农药残留污染扩散等问题日益突出, 形成生态风险累积。而生物防治路径强调利用昆虫天敌、捕食性鸟类、微生物杀虫剂及生境调控等手段恢复森林生态系统自调节能力, 其目标不仅在于抑制害虫种群数量, 更在于重建人工林生态系统稳定机制。因此, 探索适应大兴安岭人工林空间格局特征和景观配置条件的生物防治体系, 并对其生态效益进行系统评估, 具有重要理论意义与现实价值。

【作者简介】张丽 (1985—), 女, 中国内蒙古扎赉特旗人, 本科, 工程师, 从事植物保护研究。

2 大兴安岭人工林有害生物发生特点及危害分析

2.1 人工林结构单一与生态抗性薄弱

大兴安岭地区的人工林建设在较长时期内遵循大规模、同树种、近同龄的造林模式，使林分呈现结构单一、垂直分层不明显和物种多样性不足的特征。在这种同质化生境中，害虫种群易获得持续稳定的食物来源，种间制衡机制弱化，从而形成快速增殖循环。例如，樟子松毛虫在连续大面积松林中可迅速完成种群扩张并形成高密度暴发，导致大面积针叶脱落，削弱林木光能利用能力并显著降低生长量。林木在长期取食压力下生理活性下降，抗逆性衰弱，进而推高次生虫害和病害的发生概率，人工林生态系统整体稳定性明显降低。

2.2 气候变化加剧害虫发生周期波动

气候变暖背景下，大兴安岭地区年均气温呈梯度上升，冬季极端寒潮频次与强度下降，使害虫越冬死亡率降低、越冬成功率提高，导致翌年虫口基数明显增加。同时，高温条件缩短害虫发育周期，部分鳞翅目和鞘翅目害虫可在一年内完成更多世代繁育，加剧了种群密度波动和暴发风险。例如树皮甲虫在升温背景下扩展海拔与纬度分布范围，其取食和入侵能力增强，对人工林生态安全构成长期累积性威胁，使虫害发生呈现更强的不确定性和持续性。

2.3 人为干扰与森林经营模式影响虫害动态

林区道路修建、集材运输和择伐更新等经营活动改变了森林内部微生境结构，产生林缘加宽、光照强化与土壤扰动等效应，破坏了害虫及其天敌的原有平衡格局。此外，传统经营模式中将林下灌草层清理视为“整齐经营”的必要手段，然而灌草层恰是多类捕食性昆虫、寄生蜂及鸟类的重要栖息与繁育场所。过度清理导致生境破碎化，天敌基线密度下降，使害虫缺乏持续自然控制力。在天敌缺位与传播通道增加的双重驱动下，虫害更易呈现扩散性暴发，削弱人工林自我调节能力与生态稳定性。

3 生物防治技术体系构建与应用实践

3.1 寄生性与捕食性天敌释放技术应用

在大兴安岭人工林害虫生物防治体系中，寄生性与捕食性天敌昆虫的扩繁与定向释放已成为核心技术路径之一。寄生蜂对鳞翅目害虫幼虫和蛹期具有较高寄生率，通过在害虫初始发生期或低龄幼虫阶段实施分批释放，可以在种群增长拐点前形成持续控制压力，有效抑制虫口密度的快速上升。草蛉与瓢虫等捕食性昆虫则在林分内对蚜虫、介壳虫及幼小阶段毛虫具有显著捕食作用，两类天敌之间可形成互补与联动效应。为了避免天敌“投放即消失”现象，需要在林区营造稳定栖息生境，如维持林缘带、灌草混生带与花源植物带，为天敌提供越冬场所与蜜源补给，同时减少化学农药施用对天敌种群的干扰。

3.2 微生物制剂与绿色生物源农药的防治应用

微生物防治制剂在大兴安岭人工林害虫治理中展现出显著的生态友好性与靶向控制特征。苏云金杆菌（Bt）可通过产生内毒素作用于害虫中肠细胞，使幼虫停止取食并逐渐死亡；白僵菌与绿僵菌可侵染害虫体表并通过菌丝繁殖导致宿主崩解；核型多角体病毒则通过口服感染对鳞翅目幼虫具有高致死率。同时，生物源农药如苦参碱、鱼藤酮等植物提取物可与微生物制剂形成复配应用，提高防治效率并延长控制时间。通过制定适宜的施用时期、剂量和林分气象条件匹配策略，可实现害虫防治的效能提升与生态系统安全之间的平衡。

3.3 生境调控与森林结构优化调治策略

生境与林分结构的调控是实现生物防治长期化、系统化效益的关键环节。人工林若长期维持单一树种与高密度生长状态，易形成害虫“食源集中”“繁殖快速”的高风险环境。因此，通过降低林分密度、引入阔叶树混交、恢复灌草层植被等方式，可提升林分垂直与水平结构的复杂度，增强森林内部微气候稳定性，削弱害虫大规模扩散条件。同时，灌草层与土壤微生物群落的恢复有助于提高天敌资源位可获得性，使捕食者和寄生者种群得以在林分内稳定繁殖与越冬，形成更具韧性的“生物控制网络”。

4 大兴安岭人工林生物防治的生态效益评估

4.1 害虫种群控制与林木生长恢复效果显现

在大兴安岭人工林生物防治体系持续运行三年以上的林分监测结果显示，天敌释放、微生物制剂喷施与生态调控措施的综合组合能够显著削减害虫种群密度。与传统化学农药依赖型林区相比，生物防治区主要害虫（如落叶松毛虫、舞毒蛾等）发生强度普遍下降 30% ~ 55%，虫口密度波动范围更小，呈现出较为平稳的种群动态趋势。害虫取食压力的下降直接促进了林木光合作用能力的恢复，针叶保留率与叶面积指数提升明显，树冠更加饱满，胸径与年生长量具有可观增幅。此外，林木生理指标（如叶绿素含量、树脂分泌能力）得到改善，表明林分抵抗逆境能力提升。相比之下，化学防治虽可获得短期见效，但易导致再侵染与抗药性积累，并对树体与土壤微生物群落造成隐性损害，而生物防治措施在更好保护林分健康能力的同时，实现了人工林生态功能的逐步恢复与长期维持。

4.2 生物多样性水平提升与生态链结构改善

生物防治体系的建立不仅在于控制害虫种群，更关键在于重构人工林的生态链结构。通过限制化学农药使用，恢复林下灌草层植被生长空间，为捕食性昆虫、寄生蜂、蜘蛛及地表节肢动物提供稳定生境来源，促进天敌群落数量与种类的增加群落监测结果显示，生物防治区昆虫类群丰富度与群落多样性指数明显高于化学防治区，群落结构由单优势种型转向多优势种共存的稳定格局。生态链结构的复杂化增强

了系统对外界干扰的缓冲能力,使人工林逐渐从“生态脆弱型”向“稳定韧性型”演替,展现出更高的自我调节与自我修复潜力。

4.3 景观格局优化与生态屏障功能增强

生物防治的长期实施促进了人工林林层结构向复合化、多层次方向发展,针叶树、阔叶树与灌木层之间形成更具空间层次的群落构型,从而改善了林分内部光照、湿度与土壤环境条件。景观生态分析表明,生物防治区域林斑块间的生态连通性增强,林—草—灌交错带明显扩展,有效减少了单一树种大面积分布导致的“生态破碎化”风险。随着生态屏障功能强化,大兴安岭在东北与内蒙古交界带的生态安全战略地位进一步得到巩固,为维护东北森林生态安全格局和防止区域荒漠化扩展发挥可靠支撑作用。

5 大兴安岭人工林生物防治的推广策略与制度保障

5.1 构建区域害虫动态监测预警体系

构建区域害虫动态监测预警体系需要在空间尺度、时间尺度及信息处理层面形成系统化联动机制。基于遥感影像可实现大范围林分健康状况和虫害斑块扩展的宏观识别,而地面样点调查与诱捕器布设能够提供虫口密度、虫龄结构、寄生率等精细化参数,两者结合可弥补单一监测方式在空间连续性或数据精确性上的不足。在此基础上,引入机器学习与生态模型建立害虫种群动态预测模型,通过气温、降水、林木树种组成与天敌种群等变量,模拟害虫繁殖周期及迁飞趋势,形成短期预警与中长期风险评估的多时段预测体系。同时需要建立数据云平台,实现多部门数据共享与预警信息联动推送,提高基层林区管理者对虫害变化的快速响应能力,减少监测滞后导致的扩散风险,为生物防治与林分经营措施提供科学依据。

5.2 建设本地化天敌繁育与示范推广基地

建设本地化天敌繁育体系的关键在于适应区域气候与林分生态特征,形成低成本、高适应性的天敌供给机制。通过筛选本地优势天敌种群,提高其对本地害虫个体及环境条件的捕食效率和存活率,能够避免外来天敌引入后适应不良、生态干扰或二次风险问题。示范基地应包含天敌繁育区、野外释放区、监测与评估区三部分,实现从实验繁育、规模

扩增到林区投放及成效检测的闭环管理。推广过程中注重构建“标准化操作规程”,包括繁育周期管理、释放密度与时间节点选择、与林木生长季节同步调控等技术流程,以便在更大范围内复制推广。此外,示范样区可作为技术培训与科普教育平台,提升林场企业与基层护林员对生物防治技术的接受度与操作能力,扩大生物防治的实际覆盖效益。

5.3 完善多部门协同管理与政策激励机制

完善生物防治推进机制需要构建政府主导、科研机构支撑、林业企业与社区主体参与的协同管理格局。为促进生物防治的持续执行,应建立生态补偿机制,将林分健康维护与生态价值提升纳入绩效评价,通过财政补贴、以奖代补、碳汇收益分成等方式激励林场采用绿色经营措施。同时推动林业保险、财政贴息贷款等金融工具介入,提高林区在应对虫害风险中的韧性和成本承受能力。通过制度、资金与责任的协同联动,形成生物防治可持续运行的治理体系,保障区域森林生态系统的长期稳定与良性循环。

6 结语

大兴安岭人工林生态系统健康状况直接关系到我国北方生态安全屏障功能的稳定发挥。生物防治作为生态友好型防控路径,不仅能够有效抑制害虫发生、促进森林恢复,还能够提升人工林生物多样性、增强生态系统韧性与自调节能力。未来,应持续加强基础研究与监测能力建设,推动“生物防治+森林经营+景观生态”综合治理模式,并将其纳入区域生态文明建设体系之中,以实现森林健康经营与生态安全战略目标的长效维持。

参考文献

- [1] 马秀梅,赵伟波.防控林业有害生物灾害保护大兴安岭生态安全[J].内蒙古林业,2025,(03):7-9.
- [2] 张译元.内蒙古大兴安岭重点国有林区森林病虫害保险风险区划与费率厘定研究[D].内蒙古农业大学,2023.
- [3] 高桂芹,李睿.大兴安岭西林吉林业局主要林业有害生物初步调查[J].林业科技情报,2012,44(03):8-10+21.
- [4] 刘亚龙.大兴安岭良种基地森林鼠害的治理[J].防护林科技,2011,(02):92+96.
- [5] 周延.大兴安岭生态功能区建设模式研究[D].东北林业大学,2012.