

# 林场油松主要病虫害（松毛虫与松材线虫）精准防治策略

任俊霞

国营涞源县甸子梁林场

DOI:10.12238/as.v8i10.3348

**[摘要]** 油松是我国北方森林生态系统核心建群树种,兼具生态与经济价值,却受松毛虫、松材线虫病严重威胁。松毛虫暴食针叶破坏光合作用,松材线虫病借松褐天牛传播致树木猝死,二者均可能引发大面积松林衰退或毁灭。精准防治是核心应对路径,需依据其生物学特性与发生规律,整合多技术体系。本文解析二者危害机制及发生规律,构建“监测-调控-干预-评估”全链条精准防治框架,为林场松类病虫害绿色防控及森林健康维护提供理论支撑与技术参考。

**[关键词]** 油松; 松毛虫; 松材线虫病; 精准防治; 监测预警; 生物防控

中图分类号: S432.4+5 文献标识码: A

## Precise control strategies for main diseases and insect pests of oil pine in forest farms (pine caterpillar and pine wood nematode)

Junxia Ren

State-owned Laiyuan County Dianziliang Forest Farm

**[Abstract]** As a core tree species in northern China's forest ecosystems, Chinese pine (*Pinus koraiensis*) holds dual ecological and economic value, yet faces severe threats from pine caterpillars and pine wood nematode disease. Pine caterpillars devour needles disrupting photosynthesis, while pine wood nematode disease spreads through pine bark beetles causing.

**[Key words]** Chinese pine; pine caterpillar; pine wood nematode disease; precision control; monitoring and early warning; biological control

### 引言

油松(*Pinus tabulaeformis*)是我国华北、西北及东北的核心树种,兼具水源涵养、碳汇等生态功能与工业用材价值。受气候变暖、人为活动及林分单一化影响,其病虫害加剧,油松松毛虫(*Dendrolimus tabulaeformis*)与有“松树癌症”之称的松材线虫病(*Bursaphelenchus xylophilus*)成主要威胁。松毛虫幼虫暴食针叶致松林衰退,松材线虫病借松褐天牛(*Monochamus alternatus*)传播,40天致树死亡、3-5年毁整片松林。传统化学防治污染环境,而精准防治可定向干预、低生态扰动。因此,研究两类病虫害并构建精准防治体系,对保障油松林安全意义重大。

### 1 油松主要病虫害生物学特性与发生规律

#### 1.1 油松松毛虫的生物学特性与发生规律

油松松毛虫属鳞翅目枯叶蛾科松毛虫属,为全变态昆虫,其生活史包括卵、幼虫、蛹、成虫四个阶段,一年发生1-2代,以3-4龄幼虫在树干基部、枯枝落叶层或石块下越冬。

在生物学特性方面,松毛虫具有显著的种群爆发特性:一是繁殖能力强,每头雌虫可产卵300-400粒,为种群扩张提供充足基数;二是食量大且专一,幼虫期仅以松针为食,严重时可将整

株油松针叶啃食殆尽;三是扩散能力突出,成虫单次飞行距离可达40米,雄虫最远飞行距离甚至达80公里,为虫害跨区域传播创造条件。其卵多产于受害松针表面,显微孔透明直立,在25℃环境下约10天即可孵化。幼虫发育历经6龄,不同龄期对环境的适应性存在差异,低龄幼虫抗逆性较弱,是防控的关键窗口期。

发生规律上,松毛虫的种群动态与气候、林分结构及天敌数量密切相关。温度是影响其发育速率的核心因子,5-9月为主要发生期,其中6月中旬至7月下旬为成虫羽化盛期,7月至9月为幼虫危害高峰期。林分结构单一的油松纯林因生物多样性低、天敌数量少,更易发生虫害爆发;而混交林通过改善微环境、增加天敌栖息场所,可显著降低虫害发生概率。此外,干旱年份松针营养物质含量变化会提高幼虫存活率,易引发种群爆发,形成“干旱年份虫害重”的发生规律。

#### 1.2 松材线虫病的生物学特性与发生规律

松材线虫病由松材线虫寄生引起,其发生与流行依赖于“病原-媒介-寄主-环境”的协同作用,其中松褐天牛是我国最主要的传播媒介昆虫。

松材线虫的生物学特性表现为繁殖快、适应性强:雌虫产

卵期约30天,单雌产卵量达100粒,在30℃环境下3天即可完成一个世代周期。其发育过程包括4龄幼虫期,其中3龄幼虫可转化为耐久型幼虫,借助松褐天牛蛹期侵入其气管系统,待天牛羽化后实现远距离传播。当天牛取食健康松树嫩枝补充营养时,耐久型幼虫从伤口侵入树脂道,脱皮发育为成虫并大量繁殖,分泌毒素破坏薄壁细胞,导致树脂分泌停止、输导组织堵塞,最终引发树木萎蔫死亡。病树典型症状表现为针叶从绿变黄褐色至红褐色,萎蔫后不易脱落,木质部常出现蓝变现象,可分为树脂减少、针叶变色、萎蔫枯死、整株死亡四个阶段<sup>[1]</sup>。

松材线虫病的发生规律具有显著的时空特征:时间上,松褐天牛一年发生一代,4月下旬至5月上旬成虫开始羽化,6-9月为成虫活动盛期,此时也是线虫传播的关键时期;11月初至次年4月20日为疫木清理“窗口期”,因天牛幼虫进入越冬期,清理疫木可有效切断传播链。空间上,病害呈“点状爆发、片状扩散”的特点,远距离传播主要通过携带线虫的木材及其制品,近距离则依赖松褐天牛自然扩散。环境因素中,低温可抑制线虫发育,而干旱会削弱松树抗性,加速病害流行。油松作为易感树种,在纯林、人为活动密集区及疫区毗邻地带发病风险显著升高。

## 2 精准防治的核心技术体系

### 2.1 精准监测预警技术

监测预警是精准防治的前提,需建立“天空地”一体化监测网络,实现病虫害的早期发现、准确定位与动态追踪。

#### 2.1.1 地面网格化监测

以林场小班为基本单元,组建由生态护林员、技术人员构成的监测队伍,实施网格化巡查。对松毛虫,重点监测5-6月成虫羽化期、7-9月幼虫危害期的针叶啃食痕迹、虫卵分布及幼虫密度,采用“标准株调查法”,每小班设置3-5个标准地,每个标准地选取20株油松,记录受害等级与虫口密度。对松材线虫病,按照“2-3个月至少监测一遍”的频次,重点排查针叶变色、树脂分泌减少、天牛取食痕迹等异常症状,对死亡松树按“全取样-分层检测”原则取样,死亡株数不足5株的全部取样,超过5株的选取5株典型植株,在胸高处及中上部采集木样<sup>[2]</sup>。

#### 2.1.2 遥感精准探测

应用亚米级卫星遥感与无人机遥感技术,对大面积林场实施周期性监测。卫星遥感可通过植被指数变化识别松材线虫病导致的针叶失绿区域,无人机则可对地形复杂区域进行低空航拍,结合热红外成像技术区分濒死木与健康木。遥感发现异常后48小时内开展地面核实,实现“遥感预警-地面验证”的快速响应。

#### 2.1.3 精准鉴定与预警发布

采用“形态学+分子生物学”双重鉴定技术,对疑似样本进行确诊。松毛虫可通过幼虫形态特征直接鉴定,松材线虫则采用贝尔曼漏斗法分离后,结合显微镜形态观察与PCR分子检测,确保鉴定准确率。建立监测数据平台,整合虫情、病情、气象、林分等数据,采用数学模型预测种群动态,对松毛虫虫口密度超过30头/株、松材线虫病出现新发点的区域,及时发布橙色预警并启动防控预案。

### 2.2 营林生态调控技术

#### 2.2.1 林分结构优化改造

针对油松纯林易感病的缺陷,实施近自然经营改造,通过补植、间伐等措施构建混交林。对郁闭度低于0.4的林分,补植辽东栎、山杨等乡土阔叶树种,形成“油松+阔叶树”的复层结构,补植后密度控制在735-1560株/hm<sup>2</sup>;对郁闭度高于0.8的密植林分,采取透光伐与生长伐结合的方式,去除病弱木、过密木,保留优树,间伐后郁闭度不低于0.6。通过结构优化提高生物多样性,增加天敌栖息场所,增强林分自然控害能力<sup>[3]</sup>。

#### 2.2.2 健康经营与卫生清理

实施常态化卫生伐,及时清除松毛虫受害严重木、松材线虫病死木及濒死木,清理时间严格限定在松褐天牛越冬期的“窗口期”内。清理的疫木需进行除害处理,采用溴甲烷熏蒸或切片焚烧,防止线虫与天牛逃逸。对林内枯枝落叶层进行适度清理,破坏松毛虫越冬场所,同时保留部分腐殖质维持土壤肥力。结合松土、施肥等措施改善立地条件,提高油松自身抗性。

#### 2.2.3 抗性树种培育

在新造林与补植改造中,优先选用经选育的油松抗物品系,或混植火炬松、湿地松等对松材线虫病抗性较强的树种。通过播种前种子消毒、苗期抗性锻炼等措施,培育健康壮苗,从源头提升林分抗逆性。

### 2.3 生物防控技术

#### 2.3.1 松毛虫生物防控技术

天敌利用方面,保护并释放赤眼蜂、寄蝇等寄生性天敌,在松毛虫卵期(6月中旬至7月中旬)分3次释放赤眼蜂,释放量按3万头/hm<sup>2</sup>计算,分别对应产卵30%、60%、90%的关键时期,以提高寄生率。发现本地种源白僵菌的区域,可在5月中旬、8月中旬幼虫上树与下树前,将白僵菌粉剂喷施于树干或根基周围,利用高湿度环境促进孢子萌发感染幼虫。对中重度受害林分,在幼虫期喷施Bt制剂(苏云金杆菌),通过胃毒作用特异性杀灭幼虫,对天敌与环境安全性高。

#### 2.3.2 松材线虫病生物防控技术

针对媒介昆虫松褐天牛,释放花绒寄甲、肿腿蜂等寄生性天敌,在天牛幼虫期按1:5的天敌与寄主比例释放,通过寄生幼虫与蛹控制种群数量。应用白僵菌、绿僵菌等真菌制剂,在天牛成虫羽化盛期喷施,或制成菌棒插入虫道,感染致死成虫与幼虫。在林缘设置饵木诱集天牛产卵,待幼虫孵化后喷施病原微生物,实现“诱集-灭杀”一体化控制<sup>[4]</sup>。

### 2.4 精准化学干预技术

#### 2.4.1 松毛虫精准施药技术

对轻度受害林分,优先采用植物源制剂,在幼虫期喷施苦参碱、烟参碱等,利用触杀与胃毒作用控制虫口;对中重度受害林分,选用灭幼脲等仿生制剂,通过抑制幼虫蜕皮实现定向杀灭,施药时间选择早晚气温逆差大的时段,提高药剂附着率。在幼虫上树前(3月初),在树干胸径处设置毒环或粘虫胶,采用菊酯类药剂浸泡的毒绳缠绕,阻隔幼虫上树取食,适用于景点、寺庙等

重点区域。成虫期(6-7月)在林缘悬挂黑光灯诱杀成虫,减少产卵基数。

#### 2.4.2 松材线虫病精准施药技术

对未发病但风险较高的林分,采用树干注射吡虫啉、阿维菌素等药剂,通过输导组织输送至全株,兼具杀灭线虫与防治天牛的双重作用,注射时间选择春季树液流动期。在天牛成虫羽化盛期,对林分喷施高效低毒的菊酯类药剂,重点喷洒树干下部与枝条,杀灭补充营养的成虫,切断传播链。严格禁止在水源保护区、自然保护区核心区使用化学药剂,施药人员需做好防护措施,避免人身中毒。

#### 2.5 检疫与智能化管理技术

##### 2.5.1 严格检疫监管

建立木材运输检疫检查站,对进出林场的木材及其制品实施全覆盖检疫,采用分子检测技术排查松材线虫,发现阳性样本立即依法销毁。对造林苗木实行“产地检疫-调运检疫-栽植复检”全链条监管,杜绝带病苗木传入。在疫区与非疫区交界处设置隔离带,种植非寄主树种,阻止病虫害自然扩散。

##### 2.5.2 智能化管理系统

应用林草生态网络感知系统“松材线虫病疫情防控监管平台”,实现监测数据、防治措施、检疫记录等信息的上图管理。通过物联网技术在重点区域布设虫情测报灯、温湿度传感器,实时采集数据并自动分析预警。建立病虫害数据库,整合历年发生数据与防控效果,为精准施策提供数据支撑。

### 3 精准防治的实施保障与效益评估

#### 3.1 实施保障体系

##### 3.1.1 组织与政策保障

建立林场“一把手”负责制,组建由林业技术人员、植保专家、护林员构成的防控专班,明确职责分工。落实“预防为主、治理为要、监管为重”的防控理念,衔接国家林业和草原局《松材线虫病防治技术方案》等政策要求,制定林场个性化防控方案。

##### 3.1.2 技术与资金保障

与科研院校合作建立技术示范基地,引进遥感监测、分子检测等先进技术,开展本地天敌繁育与应用研究。保障防控资金投入,重点用于监测设备购置、生物制剂采购、人员培训等,建立“政府投入+社会参与”的资金保障机制。

##### 3.1.3 宣传与培训保障

开展技术培训,提高基层人员的监测鉴定能力与精准施药水平。通过宣传栏、短视频等形式普及防控知识,增强周边群众的检疫意识,杜绝非法采伐与运输疫木。

#### 3.2 效益评估机制

##### 3.2.1 生态效益评估

监测防控后林分的植被指数、生物多样性变化,评估松毛虫

受害株率、松材线虫病发病率下降幅度,分析天敌种群恢复情况,判断对土壤、水源等环境的影响,确保生态系统完整性。

##### 3.2.2 经济效益评估

核算防控成本与挽回损失,对比精准防控与传统防控的药剂用量、人工成本差异,计算投入产出比。评估健康林分的生长量提升与木材质量改善带来的经济收益,为防控方案优化提供依据。

##### 3.2.3 社会效益评估

评估防控工作对森林生态安全的保障作用,分析对周边居民生产生活的影响,总结可复制推广的技术模式,为区域松类病虫害防控提供经验<sup>[5]</sup>。

### 4 结论

油松松毛虫与松材线虫病的精准防治是一项系统工程,需立足二者生物学特性与发生规律的差异,构建“监测预警定向化、营林调控生态化、生物防控核心化、化学干预精准化、检疫管理常态化”的全链条技术体系。通过“天空地”一体化监测实现早期预警,以林分结构优化增强自然控害能力,依靠天敌与病原微生物实现可持续防控,辅以应急化学干预与严格检疫监管,可有效遏制病虫害扩散蔓延。未来,随着人工智能、物联网等技术的发展,精准防治将向“智慧防控”升级:通过无人机自主巡检与AI图像识别实现病虫害自动诊断,利用基因编辑技术培育高抗性油松品系,开发环境友好型纳米药剂提高防治效率。同时,需加强跨区域联防联控,完善病虫害监测预警网络,推动防控从“被动应对”向“主动预防”转变,为油松林资源保护与生态安全提供更坚实的保障。精准防治理念的深入实践,不仅能有效控制松毛虫与松材线虫病的危害,更能推动森林经营模式向生态友好型转变,实现生态保护与经济协同发展的统一。

### [参考文献]

- [1]刘斌,丁雪莲.科学应用油松种植技术的关键步骤及几种主要病虫害的强化防治策略[J].种子世界,2025,(07):207-209.
- [2]付丽妍.辽西地区油松造林技术及主要病虫害防治策略[J].林业勘查设计,2025,54(02):17-20.
- [3]郭勇峰.油松种植技术应用关键及主要病虫害防治对策分析[J].种子世界,2024,(11):174-176.
- [4]王志玲.油松种植技术及主要病虫害防治对策[J].河南农业,2023,(05):13-15.
- [5]管文鹏.油松种植技术及主要病虫害防治[J].农业技术与装备,2022,(08):148-149+152.

### 作者简介:

任俊霞(1987--),女,汉族,河北省廊坊市文安县人,职务/职称:中级,本科,研究方向:林业。