

中国青藏高原地区森林病虫害防治综述

赵琳

黄南藏族自治州林业站, 青海 同仁

收稿日期: 2024年10月14日; 录用日期: 2024年11月15日; 发布日期: 2024年12月13日

摘要

青藏高原是全球最具生态脆弱性和气候敏感性的区域之一。随着气候变化和人类活动的影响, 青藏高原森林病虫害的发生频率和危害程度呈上升趋势, 严重威胁了该地区森林生态系统的稳定与健康。本文综述了青藏高原森林病虫害的现状, 包括松毛虫、天牛类和尺蛾类等主要害虫的种类与分布, 重点讨论了生物防治、化学防治、物理防治及综合防治策略的应用与效果。气候变化对病虫害的影响是当前防治工作的重大挑战, 文章分析了气候变暖对害虫的扩散及防治效果的影响, 并提出了未来研究的建议, 包括加强监测体系、发展可持续防治技术及强化区域合作。综述旨在为青藏高原的森林保护和病虫害防治提供科学依据。

关键词

青藏高原, 森林病虫害, 防治方法, 气候变化, 松毛虫, 天牛, 生物防治, 综合防治

Overview of Forest Pest Control in the Qinghai-Xizang Plateau of China

Lin Zhao

Huangnan Tibetan Autonomous Prefecture Forestry Station, Tongren Qinghai

Received: Oct. 14th, 2024; accepted: Nov. 15th, 2024; published: Dec. 13th, 2024

Abstract

The Qinghai-Xizang Plateau is one of the most ecologically vulnerable and climate-sensitive regions globally. With the increasing impacts of climate change and human activities, the frequency and severity of forest pest outbreaks on the plateau have escalated, posing a serious threat to the stability and health of its forest ecosystems. This paper reviews the current status of forest pests on the Qinghai-Xizang Plateau, including major pests such as pine caterpillars, longhorn beetles, and geometrid moths. The review focuses on the application and effectiveness of biological, chemical, and physical

pest control methods, as well as integrated pest management strategies. It also examines the challenges posed by climate change, such as the spread of pests and the diminished efficacy of traditional control measures. Finally, the paper provides future recommendations, including enhancing monitoring systems, developing sustainable control technologies, and strengthening regional cooperation. This review aims to provide a scientific foundation for forest protection and pest management on the Qinghai-Xizang Plateau.

Keywords

Qinghai-Xizang Plateau, Forest Pests, Control Methods, Climate Change, Pine Caterpillars, Longhorn Beetles, Biological Control, Integrated Management Strategy

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

青藏高原是全球最为独特的高海拔生态系统，其森林资源尽管面积较小，但在应对全球气候变化、维持区域生态稳定性及促进生物多样性保护方面具有重要作用[1][2]。该地区的森林生态系统不仅涵养水源、保持土壤，而且为多种珍稀动植物提供了栖息地[2]。然而，随着全球气候变暖和人类活动的增加，青藏高原的森林病虫害问题日益严峻，尤其是主要害虫如松毛虫和天牛类的爆发[1][3]，对区域生态系统的稳定构成了重大威胁。

森林病虫害是指因森林中的害虫或病原体对植物造成的破坏，影响树木的生长、健康和生产力[4]。青藏高原的森林病虫害防治，国内外均有所研究。国外研究较早关注气候变化对病虫害的扩散及防治效果的影响，尤其是在北美和欧洲高寒地区。而国内研究则更多集中在具体害虫种群的防控措施上[1][2]，但在高寒区的防治效果方面仍存在较多空白，尤其在病虫害监测体系的建设和预警能力方面仍需加强。在高海拔和高寒环境下，青藏高原森林病虫害具有较强的区域性和季节性特点，这使得病虫害的监测与防治工作面临更大的挑战。因此，针对青藏高原地区的病虫害现状、成因及防治对策的研究，具有重要的生态意义和实际应用价值。

2. 病虫害现状

2.1. 主要病虫害种类

青藏高原的森林病虫害种类繁多，主要集中在松毛虫、天牛类和尺蛾类等几类害虫上[2]，它们的生态习性和危害程度各异。

1) 松毛虫(*Dendrolimus* spp.): 松毛虫是危害青藏高原针叶林最严重的害虫之一，尤其是在青海和西藏的低海拔地区。松毛虫幼虫会集中啃食松针，造成树木生长不良，严重时可导致大面积森林死亡[5][6]。这类害虫的发生与气候条件密切相关，尤其在气候变暖的背景下，其爆发频率和范围逐渐扩大。

2) 天牛类(Cerambycidae): 天牛类昆虫是青藏高原森林生态系统的另一主要害虫，尤其在高海拔地区，天牛类昆虫的活动会对森林健康构成严重威胁。天牛的幼虫以蛀食树干为主，导致树木衰弱甚至死亡。其繁殖能力强，且成虫具有良好的飞行能力，易于扩散[7][8]。

3) 尺蛾类(Geometridae): 尺蛾类昆虫主要分布在青藏高原的落叶林区，其幼虫啃食树叶，特别是在春夏交替的季节，尺蛾类害虫的活动达到高峰，对树木的叶片破坏极大，影响树木的光合作用和生长[1]。

4) 松材线虫(*Bursaphelenchus xylophilus*): 松材线虫主要通过松褐天牛传播, 近年来在青藏高原的部分地区也逐渐开始显现威胁。松材线虫会导致松树萎蔫死亡, 尤其对针叶林造成毁灭性打击。尽管目前该线虫的扩散尚未在青藏高原全面爆发, 但其潜在威胁不容忽视[9]。

2.2. 病虫害的区域分布

病虫害的发生具有明显的区域性差异[10], 青藏高原的病虫害分布受地形、气候和植被类型的影响[1]。低海拔地区如青海东部、藏南林区的森林病虫害问题尤为严重, 松毛虫和天牛的危害最为突出。而在高海拔地区, 病虫害的发生率相对较低[11], 但随着气候变化的加剧, 病虫害正在逐渐向更高海拔区域扩散。

2.3. 气候变化的影响

气候变化对青藏高原的病虫害影响深远。近年来的研究表明, 气温升高和降水模式的改变为病虫害的发生创造了更为有利的条件[11]。例如, 温暖的气候使得更多的害虫能够顺利越冬, 增加了害虫种群的数量。同时, 气候变化也可能引发新的害虫种群入侵, 破坏青藏高原地区的生态平衡。此外, 气候变暖还可能缩短某些害虫的繁殖周期, 使得病虫害的爆发频率增高[11] [12]。

3. 防治方法

青藏高原的森林病虫害防治是一个复杂的过程, 由于该地区生态环境的脆弱性和气候条件的特殊性, 传统的防治手段并不能完全满足需求。因此, 科学合理地采用多种防治手段并结合当地的生态特点进行综合防治, 是确保病虫害有效控制的关键。以下是常用的几种防治方法。

3.1. 生物防治

生物防治是一种利用害虫天敌、寄生生物或病原微生物来抑制病虫害发生的绿色防控技术。青藏高原独特的生态环境为多样的天敌生物提供了栖息地, 这为生物防治提供了天然优势[13]。

1) 天敌昆虫的利用: 天敌昆虫是病虫害生物防治的重要手段。例如, 寄生蜂在松毛虫等害虫的控制中表现出良好效果。这类天敌通过捕食、寄生或抑制害虫的生长来减少其种群数量, 达到防治的目的。常见的天敌昆虫还有食虫瓢虫、寄生蝇等, 它们能够有效减少虫害数量, 并保持自然生态平衡[14] [15]。

2) 微生物防治: 微生物防治是利用细菌、真菌或病毒等微生物来控制害虫。例如, 苏云金杆菌(*Bacillus thuringiensis*, BT)是一种常用于防治鳞翅目害虫的微生物制剂, 广泛应用于松毛虫等害虫的生物防治中[16]。此外, 真菌如绿僵菌(*Metarhizium anisopliae*)和白僵菌(*Beauveria bassiana*)也在森林病虫害防治中发挥重要作用, 这些微生物能够侵染害虫体内, 导致其死亡, 具有较好的生态兼容性[16]。

3) 诱捕技术: 生物信息素诱捕技术是另一种环保的生物防治方法。通过释放害虫的性信息素或植物源诱剂, 吸引特定害虫进入诱捕装置, 从而降低害虫的种群密度。这种方法在防治天牛、松毛虫等具有显著效果, 特别适用于高原地区小面积的防治任务[16]-[18]。

3.2. 化学防治

化学防治是通过使用化学药剂直接杀灭害虫或病原体, 是目前病虫害防治中应用较为广泛的一种手段。然而, 考虑到青藏高原地区的生态敏感性, 化学防治应尽量减少对环境的负面影响, 并合理控制药剂使用的频率和剂量[14] [15]。

1) 选择性低毒药剂的使用: 在青藏高原地区, 化学药剂的选择应特别慎重。低毒、选择性强的农药应成为首选[19], 如拟除虫菊酯类农药和生物源农药等。这些药剂对非目标生物的影响较小, 有助于保护当地的生物多样性和生态平衡。尤其在病虫害暴发初期, 合理使用化学药剂能够快速控制害虫的扩散,

但需要严格按照标准操作规程使用，以减少对非目标生物和环境的损害[18]。

2) 精准施药技术：为提高化学药剂的防治效果并降低其对环境的影响，现代精准施药技术应在青藏高原的病虫害防治中得到推广。例如，使用无人机进行定点喷洒能够有效覆盖病虫害高发区域，减少农药浪费和对环境的污染[18]。此外，基于监测数据的精准施药还可以避免药剂的过度使用和滥用，降低害虫产生抗药性的风险。

3.3. 物理防治

物理防治是通过物理方法直接干扰或杀灭病虫害，适用于不适合大规模化学药剂使用的区域，尤其在青藏高原这样的高海拔地区更具优势。

1) 机械捕杀：针对松毛虫等具有集群行为的害虫，机械捕杀是一种简单且有效的防治方法。通过人工或机械设备清除害虫幼虫或成虫，可直接减少害虫数量。尤其是在病虫害发生初期，结合季节性捕杀技术能够防止虫害大规模扩散[15][16]。

2) 树皮剥离和修剪：对于天牛等以树干或树皮为食的害虫，通过人工或机械剥离受害树木的树皮，能够有效消除害虫的栖息和繁殖场所。此外，在害虫繁殖季节进行合理的修剪，能够减少害虫在树木上的产卵数量，降低虫害扩散的风险[7][8]。

3) 诱光杀虫技术：利用昆虫趋光性，通过设置光诱捕器将害虫吸引到特定装置进行捕杀。这种技术尤其适合夜行性害虫的防治，如飞蛾类害虫[13]。诱光杀虫不仅能够减少农药使用，还能在特定季节和区域内显著降低虫口密度。

3.4. 综合防治策略

综合防治(Integrated Pest Management, IPM)是一种将多种防治方法相结合，最大限度减少病虫害对森林的危害，并减少对生态环境的负面影响的策略。随着防治技术的不断发展，综合防治已经成为青藏高原病虫害防治的主流方法[18]。

1) 生物防治与化学防治相结合：在松毛虫等害虫的防治中，综合防治通常首先利用天敌昆虫等生物防治手段控制害虫的种群数量，然后在必要时使用低毒化学药剂，以降低害虫对药剂的抗药性[5][6]。这种多元化的防治手段能够减少对单一防治手段的依赖，最大限度地延缓害虫产生抗药性的问题。

2) 生物防治与物理防治相结合：在天牛等蛀干类害虫的防治中，生物防治和物理防治的结合能够发挥更好的效果。例如，在树干上施放天敌昆虫或真菌制剂的同时，采取树皮剥离、树干清理等物理防治措施，能够从多个角度减少害虫的种群密度，增强防治效果[7][15]。

3) 生态管理与防治结合：在病虫害防治过程中，合理的森林管理措施也是不可忽视的。例如，通过合理规划森林密度、实施轮伐等措施，可以增强森林的整体健康状况，减少森林系统对病虫害的易感性[2][20]。通过科学的林业经营管理，能够提高森林生态系统的稳定性和自我恢复能力，从而降低病虫害的发生频率和强度。

总之，青藏高原的森林病虫害防治需要根据其特殊的生态环境特点，采取综合性、多层次的防治策略。通过科学合理地利用生物、化学、物理等多种防治手段，结合现代精准技术和综合防治理念，能够有效控制病虫害的发生和扩散，同时最大限度减少对生态环境的影响。这种多维度的防治模式，既能应对现有的病虫害问题，也能为未来可能出现的新病虫害提供灵活应对的空间。

4. 挑战与展望

4.1. 挑战

尽管近年来青藏高原森林病虫害防治取得了一定的进展，但仍面临诸多挑战。首先，气候变化带来

的环境变化对病虫害的防治提出了更高要求[1]。随着青藏高原气候逐渐变暖,传统的防治手段可能无法应对新出现的害虫和病原体。其次,青藏高原特殊的地理环境和交通条件限制了病虫害防治技术的推广与应用。此外,缺乏有效的监测和预警体系,使得防治工作往往滞后于病虫害的爆发[11]。

4.2. 展望

在青藏高原森林病虫害防治的未来发展中,面临的形势复杂多变,尤其是在气候变化、生态环境压力增大等背景下,现有的防治手段和策略需要进一步提升和创新。为应对这些挑战,未来的病虫害防治应从以下几个方面进行展望。

4.2.1. 加强监测与预警体系建设

病虫害的发生往往具有突发性和区域性,传统的监测手段较为滞后,难以实现及时有效的预警[3][4]。因此,建立健全覆盖全区域的病虫害监测和预警体系显得尤为重要。未来的研究应加快现代技术的应用,如结合遥感技术、无人机监测、物联网设备以及大数据分析,建立更加科学的病虫害监控网络。通过实时数据的收集和处理,能够实现病虫害的早期发现、快速响应和有效控制。此外,强化气象数据与病虫害监测数据的关联分析,可以预测气候条件对病虫害发生的影响,从而制定出更具前瞻性的防治方案。

4.2.2. 发展可持续的防治技术

随着全球对环境保护要求的日益严格,传统依赖化学药剂的病虫害防治模式已无法满足可持续发展的需求。未来的防治策略应更加注重生态友好型的防治技术[3]。例如,生物防治方法如天敌昆虫释放、真菌或细菌制剂的应用,以及植物提取物的开发,都是减少化学药剂使用的有效手段[10]。此外,基于基因编辑和转基因技术的害虫控制手段也具有巨大的潜力,如通过引入能抑制害虫繁殖的基因来控制害虫种群的数量。

在青藏高原这样生态环境敏感的区域,可持续的防治技术尤为重要。未来的研究需要加强对本土天敌资源的开发与应用,同时探索和推广基于生态学原理的综合防治体系,如利用生物多样性和自然控制机制,增强森林生态系统的自我调节能力。

4.2.3. 增强区域合作与协同防治

青藏高原地区的病虫害防治不仅仅是单一地区的任务,还需要在更大区域范围内开展跨区域的合作与联防联控[11][20]。许多病虫害,尤其是迁飞性害虫,具有较强的跨区域扩散能力,因此加强与周边地区(如四川、云南、甘肃等)的合作非常重要[11]。通过共享防治信息、技术和资源,能够更好地应对病虫害的突发性爆发。例如,建立统一的区域性病虫害信息平台,定期发布病虫害动态、监测数据和风险评估,能够帮助各区域及时调整防治策略[11][14]。

区域合作还应包括科研机构、政府部门和企业的协同创新,共同开发新型防治技术和策略,并通过跨区域的实验示范项目推广病虫害绿色防控技术[19]。此外,通过区域合作制定统一的防治标准和政策,协调各地的防治行动,避免因防治不统一导致病虫害反弹或蔓延的情况发生。

4.2.4. 应对气候变化的影响

气候变化对青藏高原地区的病虫害防治构成了新的挑战。随着温度升高和降水模式的改变,病虫害的发生频率和分布范围也可能发生变化。一些原本适应温暖气候的害虫可能向高海拔地区扩展,原本的防治经验和技能可能不再适用[11][12]。因此,未来的病虫害防治需要更加注重气候变化的影响,开展长期的监测和预测研究。

研究气候变化对森林病虫害的影响机制,模拟未来气候情景下的病虫害发展趋势,将有助于制定更加适应性强的防治策略[11]。同时,防治措施应具备灵活性和应变能力,能够根据不同气候条件迅速调整。

此外,气候变化背景下的病虫害防治还需更加注重生态系统的恢复与调节功能[11][12],通过增强森林生态系统的健康水平,提高其对气候变化的适应能力,降低病虫害发生的风险。

4.2.5. 加强公众参与与科普教育

未来病虫害防治的另一个重要方向是增强公众参与和科普教育。公众,尤其是当地的居民、农林工作者和生态旅游者,往往是发现病虫害的第一道防线。通过普及病虫害防治知识,提高公众对病虫害的认知,能够在早期发现病虫害苗头时及时报告,缩短应对时间[16]。此外,通过社区参与的形式,如组织林业工作者和当地居民进行森林的日常监测、害虫清理等活动,也能够增强防治效果。

公众的参与还应体现在对生态环境保护的认知上,只有在全社会树立保护生态环境、减少病虫害风险的意识,才能形成更强的生态保护合力[13][16]。这需要通过科普教育、媒体宣传、学校教育等多渠道,推动全社会共同参与到病虫害防治中。

总之,青藏高原森林病虫害防治的未来不仅需要技术的创新与进步,还需要多层次、多方位的合作与参与。在气候变化和生态压力日益加大的背景下,通过加强监测预警、发展可持续防治技术、区域协作和公众参与,青藏高原地区的森林病虫害防治工作将能够朝着更加科学、有效和可持续的方向迈进。

5. 结论

青藏高原作为全球生态系统的敏感地区,其森林病虫害防治工作关系到区域生态安全和生物多样性的维持[20]。本文对青藏高原的森林病虫害现状、主要病虫害种类、分布及其危害进行了全面综述,分析了现有的防治手段,包括生物防治、化学防治、物理防治和综合防治策略。同时,结合气候变化的背景,探讨了病虫害防治面临的挑战和未来的发展方向。

与前人工作的差异与改进之处在于,本研究结合了青藏高原特殊的生态环境,深入探讨了气候变化对病虫害扩散和防治效果的影响,而前人多集中于低海拔地区[13]的研究。同时,本研究在综合防治策略上提出了生物防治与精准施药技术相结合的创新方案,并结合物联网与遥感技术构建早期预警系统,增强了病虫害监测的有效性与实时性。

在未来的病虫害防治工作中,亟需建立更加完善的监测和预警系统,并在气候变化带来的环境变化下,研发更加环保和可持续的防治技术。同时,强化区域合作以及林业管理的现代化,是确保青藏高原森林生态系统稳定和健康的途径。通过结合生态恢复与病虫害防治措施,青藏高原地区的森林病虫害防治将朝着更加可持续和有效的方向发展。

参考文献

- [1] 赵宗秀. 青海林业病虫害特征分析和调查研究[J]. 农业与技术, 2018, 38(10): 189.
- [2] 孙万桂. 青海林业病虫害防治措施及对策[J]. 防护林科技, 2019(2): 73-74.
- [3] 李彩梅. 森林病虫害防治对林业生态环境的影响研究[J]. 现代农村科技, 2022(8): 36-37.
- [4] 张隆春. 森林常见病虫害综合防治对策研究[J]. 农业灾害研究, 2022, 12(11): 161-163.
- [5] 赵洪有, 黄奎玉. 松毛虫赤眼蜂在长白山区发生规律及寄主转换[J]. 生物防治通报, 1990(4): 186-187.
- [6] 孙红, 曲文娇, 王敏, 等. 松毛虫防治技术在抚顺地区的应用[J]. 防护林科技, 2008(4): 118-119.
- [7] 芮旭耀. 漯河市森林植物主要天牛种类及综合防控[J]. 河南林业科技, 2020, 40(3): 48-50.
- [8] 刘兴春, 刘桂萍. 关于新疆巴州地区光肩星天牛危害与防治措施的思考[J]. 农业灾害研究, 2021, 11(12): 3-4.
- [9] 楼焕泽. 浅谈当前诸暨市松材线虫病综合防治存在的主要问题及防治对策[J]. 现代园艺, 2016(20): 59-60.
- [10] 闫峻. 我国林业生物灾害管理的经济学分析与对策研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 2008.
- [11] 李勇. 气候变化下青藏高原的病虫害风险评估[J]. 森林研究, 2020, 18(5): 102-115.

-
- [12] 朱建华, 侯振宏, 张治军, 等. 气候变化与森林生态系统: 影响、脆弱性与适应性[J]. 林业科学, 2007, 43(11): 138-145.
 - [13] 李少春, 李艳斌, 荆延华, 等. 生物防治技术在森林病虫害防治中的应用[J]. 新农业, 2023(22): 40.
 - [14] 王玲, 聂林. 森林健康与森林病虫害科学防控的浅析[J]. 江西植保, 2006, 29(2): 82-85.
 - [15] 马思娟, 李乐. 天敌昆虫在林业害虫防治中的应用[J]. 乡村科技, 2023, 14(10): 111-113.
 - [16] 高楠楠, 田智慧, 姚海英. 北方林业病虫害及生态防治策略[J]. 种子科技, 2019, 37(18): 104, 106.
 - [17] 黄嘉昌. 松材线虫病的危害及防治措施[J]. 新农民, 2024(17): 61-63.
 - [18] 宗英. 林业有害生物的防治措施[J]. 现代农业科技, 2013(3): 161, 164.
 - [19] 王红英, 王隆业, 鲁国瑜, 等. 影响森林生态系统完整性的因素及其对策[J]. 农业与技术, 2015, 35(11): 84-85.
 - [20] 杨乐, 李继荣, 曹建, 等. 浅析青藏高原铁路建设的外来物种入侵风险[J]. 环境监测管理和技术, 2016, 28(3): 61-64.