

松材线虫病作用下区域生物多样性研究综述

梁希妮

浙江师范大学, 浙江 金华

收稿日期: 2022年1月26日; 录用日期: 2022年2月25日; 发布日期: 2022年3月4日

摘要

我国松林面积分布广阔, 松材线虫作为外来入侵生物, 多年来对我国林业造成了极大损失。多数学者认为在松科等植物中广为流行的松材线虫病可能导致森林生态系统的急剧退化, 带来严重的经济和生态损失, 但也有研究发现, 经过一段时间的自然恢复或人工重建后, 松材线虫入侵后的森林生态系统中生物多样性指数有一定的提高。本文在梳理前人实践和研究的基础上, 对松材线虫病侵扰下的区域生物多样性研究和经营管理进行了总结和思考。

关键词

松材线虫, 入侵生物, 生物多样性, 综述

A Review of Regional Biodiversity Research under the Action of Pine Wood Nematode

Xini Liang

Zhejiang Normal University, Jinhua Zhejiang

Received: Jan. 26th, 2022; accepted: Feb. 25th, 2022; published: Mar. 4th, 2022

Abstract

As an invasive organism, the pinewood nematode (PWN), *Bursaphelenchus xylophilus*, had caused great losses to China's forestry over the years. Previously, it was believed that the widespread PWN in Pinaceae and other plants may lead to the rapid degradation of forest ecosystems, resulting in serious economic and ecological losses. However, some studies had found that after a period of natural restoration or artificial reconstruction, the ecosystem after the invasion of PWN had been restored, and its biodiversity index had improved to some extent. Based on previous experiments, this paper summarized and deliberated the research on the regional biodiversity in effect of PWN.

Keywords

Bursaphelenchus xylophilus, Invasive Organism, Biodiversity, Overview

Copyright © 2022 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

松材线虫病(松树萎蔫病, pine wilt disease)是一种严重的松林破坏性病害, 主要是由松材线虫引起的植被破坏性病症[1]。松材线虫病源于北美, 传入日本后于 1905 年在日本长崎被发现, 给当地松树林带来严重的生态灾难[2]。国内 1982 年在南京中山陵首次发现松材线虫病, 之后的几十年中, 松材线虫病在我国各个省份自治区造成了巨大的经济及自然资源损失[3] [4] [5]。为控制松材线虫病的蔓延, 多年来众多专家学者和林业工作者展开了深入的调查与研究, 但松材线虫病并没有得到根除。

除松材线虫防治问题外, 针对感染后的松林重建问题也很受重视。林木在感染松材线虫病害后, 大量病树死亡倒伏, 林下的生物多样性也遭到破坏。一般认为这种破坏可能会导致森林生态系统的急剧退化, 因为林木的消失不仅造成植物生物多样性的破坏, 而且会对动物的生存造成不利后果[2] [6]。本研究主要对松材线虫病作用下的区域生物多样性研究进行一些总结和展望。

2. 松材线虫及松材线虫病简介

松材线虫(*Bursaphelenchus xylophilus*)属线虫动物门滑刃目, 具有严重致病性, 能危害马尾松、黑松、赤松等松属树种和云杉等 13 种非松属树种[3], 松材线虫以松墨天牛(*Monochamus alternatus*)等为主要传播宿主, 可以在短时间内大面积感染目标林木并致其死亡。在世界范围内, 松材线虫病都是一种极具危害性的森林病害, 但在不同的国家松材线虫的感染对象都有所不同, 在我国其主要以马尾松为主, 在日本以赤松为主[7] [8]。马尾松感染松材线虫后被松材线虫侵蚀导管、管胞等结构, 感染后病死树发病主要分四个阶段: 1、外部无症状, 松脂分泌减少。感染初期不易被察觉, 容易被忽视。2、针叶失去光泽, 松脂不分泌。3、针叶由下而上变黄枯萎。4、全针变为红褐色但不脱落, 最后整株枯死。染病松树的一个较大特征是针叶鲜黄不掉, 且周围松墨天牛等中间宿主数量增多[9] [10]。

松材线虫病传入我国至今已有将近四十年, 虽然投入了极大的人力、物力和财力, 但是一系列的防治工作仍然不能很好的将马尾松等树种从松材线虫病的阴影下解放出来。松材线虫病难以根除的原因有很多: 松材线虫可以存在多个中间寄主, 比如松墨天牛、小灰长角天牛等[11] [12]; 潜伏期长且难以察觉[13]; 防疫人员有时可能只关注一种或几种中间宿主的数量情况, 忽略了松材线虫感染后的早期症状, 错过治理最佳时期; 另外, 现代方便高速的运输渠道增加了扩散的速度[14]等。

松材线虫快速感染林木主要依靠中间宿主, 一只松墨天牛可携带上千只松材线虫[15], 而且它具备形体小巧不易歼灭的特点, 当发现有松树被感染时, 往往意味着周边的松树也有极大的几率处于被感染阶段, 这为防治工作带来了巨大阻碍。目前针对林间活木早期的诊断方法主要有流胶法、化学法等, 也可以直接对原木形态外观进行直接观察和检验[16]。近年来基于松线虫病的遥感监测技术也得到了一定的发展, 但在“星-机-地”有效结合和实际应用方面还有待于进一步突破[17]。

针对松材线虫的致病机理, 较多研究认为松材线虫及所携带细菌能产生毒素, 有毒物质使树木木质

部细胞空穴化等, 最终使树木死亡[18] [19]。树木被入侵后首先被破坏树脂道, 树脂无法渗出, 输导组织被堵塞, 造成缺水现象, 线虫分泌的有毒物质还能破坏寄主原生质膜等[4]。目前对松材线虫致病机理的研究仍有很多疑问没有得到解决[20]。

我国松线虫防治办法主要参照国家林草局的《松材线虫病防治技术方案》, 目前的防控形势总体上仍然非常严峻, 通过病害检疫和疫情监测、疫木除治、媒介昆虫防治等环节, 力争到 2025 年, 全国疫情发生面积和疫点数量实现双下降, 有效遏制疫情扩散态势[21]。

3. 国内感染松材线虫病后多种林地生物多样性变化

为消灭松材线虫病, 科学家进行了长期斗争研究, 日本自上世纪初从美洲引入松材线虫病并爆发了大范围的森林虫害, 至今对松材线虫病的防治研究已长达百年, 但目前为止世界范围内对松材线虫病的遏制作用并不是十分有效[7] [22]。松材线虫感染对象多, 在我国入侵时间长范围广, 国内众多学者对其入侵后林地的破坏及恢复状况进行跟踪研究, 以期对被感染后的植被恢复提供新的解决方案。

3.1. 疫病侵染对马尾松林及混交林生物多样性影响

通过对浙江富阳 36 块不同马尾松混交比率及不同松材线虫危害程度的样地调查, 章彦等发现随着松材线虫危害程度的加重, 不同树种组成松林的乔灌草三层多样性指数出现新的特点, 进一步分析表明: 这种复合干扰程度的不断增加, 加快了松林从常绿阔叶林演替前期向中期发展的趋势。根据自然恢复过程中物种多样性的动态变化规律, 应在除治的基础上发挥其他本地物种优势, 更好地丰富物种多样性[23]。对象山县被侵染不同时间的林地群落谱系多样性和结构动态进行研究发现, 松材线虫侵害使得群落物种和谱系多样性下降, 但是侵害 12 年后与当地常绿阔叶林的多样性最接近, 侵害 4 年和 8 年群落内的物种和谱系与常绿阔叶林相似性最高, 侵害 0 年后的群落与常绿阔叶林相似性最低[24]。

3.2. 海岛松林群落生物多样性动态变化

在对舟山海岛感染松材线虫病的 7 个典型松林样地进行调查后发现, 通过 17 年的自然恢复, 舟山海岛松材线虫病除治迹地已演替到针阔混交林或阔叶林阶段, 其乔木层的多样性有所增加, 松材线虫病发生迹地的植物群落自然演替具有一定的方向性和确定性[25]。

对原马尾松和黑松纯林及混交林森林生态系统的调查和分析表明, 无论是马尾松纯林还是马尾松混交林群落, 在被松材线虫危害后, 乔木层植物的种类及植物多样性均有较大程度的增加, 而原有森林群落并未向灌丛方向退化, 反而比危害前生物多样性指数有较大的增加。疫病的发生或许只是作为外来强力选择因子, 促使群落更替[26]。

3.3. 病役卫生伐木对马尾松纯林生物多样性影响

在浙江临安对马尾松纯林进行病役卫生伐木后显示, 伐木促使受害马尾松纯林向混交林演替的速度加快, 多个林分结构指标发生了重大变化, 单层马尾松同龄纯林演替为复层马尾松落叶阔叶树混交异龄林[27]。这些结果也表明适度择伐可以加快林区演替。

3.4. 松材线虫侵袭对林下鸟类多样性影响

在动物方面, 为探讨在松材线虫侵袭所引起的森林演替过程中植被结构变化对鸟类群落的影响, 蒋科毅等研究了常绿阔叶演替林中的鸟类群落结构。研究发现的侵袭 12 年后的常绿阔叶林中鸟类群落最丰富, 说明不能单一的认为松材线虫病摧毁马尾松林或其他森林。最后的数据分析结果也显示, 立地年龄才是影响鸟类群落组成的主要因素。通过这一研究可以发现, 在动物多样性方面, 松材线虫病并没有如

人们想象的那样造成动物无家可归的情况[28]。

从海岛到内陆,从马尾松纯林到各类混交林,研究者们通过对染病前后的松林或海岛针阔混交林样地的生物多样性等指数研究,发现虫害干扰加快了松林从常绿阔叶林演替前期向中期发展的趋势,增加了林地乔木层的生物多样性和物种丰富度,使得群落组成结构及空间分布更趋合理。对林地进行病木砍伐的过程也促使着受害马尾松纯林向混交林演替的速度加快,适度的砍伐可以加快林区演替。对于林下动物的研究发现,受植物分布格局影响,被松材线虫侵染后林地的鸟类等动物的物种多样性指数和丰富度指数等更高[28]。

4. 小结与展望

对松材线虫病的研究至今已逾百年,但还是不能做到彻底的治理,目前,针对松材线虫的各类研究[29][30]和试剂开发[31]仍在继续。因此,基于这种情况,入侵后林地的恢复工作就显得至关重要。马尾松容易种植且能带来较大的经济效益,我国有着6000多ha(公顷)的马尾松人工林(目前已被松线虫感染的有180多ha)[21],松材线虫病感染松林初期可能会导致森林生态系统的急剧退化,特别是马尾松纯林,迅速成片的死亡会造成生态系统的崩溃[32]。另一方面,松材线虫的这种中重度病虫害干扰可能加快了松林向常绿阔叶林演替的进程,其中不难发现生态(自然)防治具有非常巨大的研究和应用潜力。从区域生物多样性的视野看,如何更有效地开展卫星遥感、无人机拍摄到地面监控预报的有机结合,如何使用更为有效的药物预防松线虫感染,被感染疫木如何快速高效处理或清理,如何实现动植物学、动植物生态学、森林土壤和森林病虫害防控等多学科的合作研究,实施更科学和系统精准的防治措施等等都是需要尽快深入研究或实践的问题,如可以从增强区域内森林系统自身抵抗性和系统应对生物灾害的自我补偿和生态修复能力等方面入手,以期从生态尺度上探究松材线虫病的防控策略[33],在疫病入侵后的林地,森林管理部门可以考虑除积极防疫之外,可考虑适当增加非松科的本地速生树种的栽培,人为提高感染林地的物种多样性,努力阻断松线虫的生物传播链,同时弥补染病林木死亡后留下的生态位缺失。

参考文献

- [1] 王静,雷鹏,刘红彩. 佛坪自然保护区松材线虫病监测与防治对策[J]. 现代农业科技, 2016, 45(11): 180-181.
- [2] Mota, M.M. and Vieira, P.R. (2009) Pine Wilt Disease: A Worldwide Threat to Forest Ecosystems. *Nematology*, **11**, 101-102.
- [3] 杨宝君,潘宏阳,汤坚,等. 松材线虫病[M]. 北京:中国林业出版社,2003.
- [4] 唐泉富. 线虫与松材线虫病概述[J]. 浙江林业科技, 1992, 21(3): 68-72.
- [5] 何龙喜,吉静,邱秀文,张林平. 世界松材线虫病发生概况及防治措施[J]. 林业科技开发, 2014, 28(3): 8-13.
- [6] Vicente, C., et al. (2012) Pine Wilt Disease: A Threat to European Forestry. *European Journal of Plant Pathology*, **133**, 89-99. <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9924-x>
- [7] Evans, H.F., Mcnamara, D.G., Braasch, H., et al. (1996) Pest Risk Analysis (PRA) for the Territories of the European Union (as PRA Area) on *Bursaphelenchus xylophilus* and Its Vectors in the Genus *Monochamus*. *EPPO Bulletin*, **26**, 199-249. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.1996.tb00594.x>
- [8] 杨宝君,王秋丽,邹卫东,李永才,于涛,王君明. 不同松树品种对松材线虫的抗性[J]. 植物病理学报, 1987, 17(4): 21-24.
- [9] 陈瑞东. 松材线虫病的危害与综合防治策略[J]. 河南农业, 2019, 20(14): 36+47.
- [10] 江浩. 松材线虫病的分布及其发生特点[J]. 山东林业科技, 1996, 26(3): 38-41.
- [11] 曾端香,余曦玥,于敬文,贾建平,彭德良,黄文坤. 松材线虫病的检测及综合防治技术[J]. 中国农学通报, 2022, 38(4): 86-91.
- [12] 张扬,饶利军,何龙喜,郝德君,张嘉敏,李冬. 松材线虫病媒介昆虫种类及综合治理技术研究进展[J]. 生物灾害科学, 2019, 42(3): 171-178.

- [13] 杨宝君, 汪来发, 赵文霞, 徐福元, 张培, 李占鹏. 松材线虫病的潜伏侵染及松墨天牛传播新途径[J]. 林业科学研究, 2002, 15(3): 251-255.
- [14] 王孔海, 仲庆林, 聂雪梅. 抚顺地区松材线虫病发生原因分析[J]. 辽宁林业科技, 2021, 48(3): 56-58.
- [15] 赵锦年, 张常青, 戴建昌, 蒋平, 孙胜利, 周关校. 松墨天牛成虫羽化逸出及其携带松材线虫能力的研究[J]. 林业科学研究, 1999, 12(6): 572-576.
- [16] 陈凤毛, 汤坚, 叶建仁. 松材线虫病鉴定方法与评价(综述) [J]. 安徽农业大学学报, 2005, 49(1): 22-25
- [17] 陶欢, 李存军, 程成, 蒋丽雅, 胡海棠. 松材线虫病变色松树遥感监测研究进展[J]. 林业科学研究, 2020, 33(3): 172-183.
- [18] Oku, H., Shiraishi, T. and Kurozumi, S. (1979) Participation of Toxin in Wilting of Japanese Pines Caused by a Nematode. *Die Naturwissenschaften*, **66**, 210. <https://doi.org/10.1007/BF00366031>
- [19] Oku, H., Shiraishi, T., Ouchi, S., *et al.* (1980) Pine Wilt Toxin, the Metabolite of a Bacterium Associated with a Nematode. *Die Naturwissenschaften*, **67**, 198-199. <https://doi.org/10.1007/BF01086307>
- [20] 徐小文, 王义勋, 刘星, 许秀环, 陈京元. 松材线虫病致病机理的研究进展[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(20): 5-8.
- [21] 朱云倩, 黄维燕, 谢伟龙, 冯莹, 温秀军, 王军. 松材线虫病防治方法研究进展[J]. 河北林业科技, 2021(2): 44-48. <https://doi.org/10.16449/j.cnki.issn1002-3356.2021.02.010>
- [22] 理永霞, 张星耀. 松材线虫病致病机理研究进展[J]. 环境昆虫学报, 2018, 40(2): 231-241.
- [23] 章彦, 骆有庆, 石娟, 涂蕾, 任利利, 王壮. 浙江富阳地区松材线虫入侵对马尾松林群落植物多样性的影响[J]. 生态科学, 2009, 28(6): 487-494.
- [24] 王玉玲, 刘金亮, 徐学红, 金毅, 陆高. 松材线虫侵害马尾松林后群落谱系多样性和结构动态[J]. 中国森林病虫, 2015, 34(4): 37-41
- [25] 王国明, 赵颖, 陈斌, 鲁专, 邱海岷, 石娟. 浙江舟山岛松材线虫入侵后松林群落的自然演替和特征[J]. 林业科学, 2011, 47(3): 124-132.
- [26] 吴蓉, 陈友吾, 陈卓梅, 林晓佳, 梁定东. 松材线虫入侵对不同松林群落演替的影响[J]. 西南林学院学报, 2005, 25(2): 39-43.
- [27] 张华锋, 陈思宇, 刘刚, 王懿祥. 松材线虫病疫木卫生伐对马尾松纯林林分结构的影响[J]. 浙江农林大学学报, 2020, 37(4): 745-751.
- [28] 蒋科毅. 松材线虫侵袭引发的植被演替对鸟类群落的影响[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2005.
- [29] 王旻嘉, 叶建仁, 涂煜昇, 杜方平. 处理松材线虫病疫木的木腐真菌筛选[J]. 林业科学, 2021, 57(6): 93-102.
- [30] 孙玉江, 秦浩鑫, 庄戈, 陈香芹, 张磊, 王亚珍, Jenna Tian. 微创注射技术防治松材线虫病效果探析[J]. 林业科技通讯, 2021(11): 78-80. <https://doi.org/10.13456/j.cnki.lykt.2021.08.12.0004>
- [31] Lee, S.-C., Lee, H.-R., Kim, D.-S., Kwon, J.-H., Huh, M.-J. and Park, I.-K. (2020) Emamectin Benzoate 9.7% SL as a New Formulation for a Trunk Injections against Pine Wood Nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. *Journal of Forestry Research*, **31**, 1399-1403. <https://doi.org/10.1007/s11676-018-00873-x>
- [32] 孟祥江, 何邦亮, 马正锐, 侯元兆, 李玉敏. 我国马尾松林经营现状及近自然育林探索[J]. 世界林业研究, 2018, 31(3): 63-67.
- [33] 徐华潮, 骆有庆. 松材线虫入侵对森林生态系统的影响[J]. 浙江林学院学报, 2010, 27(3): 445-450.