

榕江县松材线虫病气象生存条件及防治建议研究

蔡 垚¹, 杨胜海², 赖小红¹, 孙飞飞¹, 文建川³

¹榕江县气象局, 贵州 黔东南

²三穗县气象局, 贵州 黔东南

³凯里市气象局, 贵州 黔东南

收稿日期: 2025年10月12日; 录用日期: 2025年11月12日; 发布日期: 2025年11月20日

摘 要

本文主要研究气象因素对松材线虫病的生存条件和危害程度影响, 利用2020年至2024年榕江县国家基本气象站及忠诚镇区域自动站气象数据资料和松材线虫病疫情数据, 结合对各个气候因子进行统计分析的方法, 得出: (1) 古州镇松材线虫病枯死株数变化、危害面积变化整体呈现先增后降再增的趋势, 忠诚镇则整体呈现先增后降的趋势; (2) 在高温、降雨少、低湿、干燥的条件下, 有利于松材线虫在榕江境内的生存发展; 反之则不利于松材线虫的生存发展。因此为有效抑制其爆发, 建议可在降雨偏多的夏季(5~7月)及温度较低的冬季(11~次年1月)进行病虫害疫情防控和防治工作。

关键词

榕江县, 松材线虫病, 气象因素, 适宜条件

Study on Meteorological Survival Conditions and Prevention Recommendations for Pine Wilt Disease in Rongjiang County

Yao Cai¹, Shenghai Yang², Xiaohong Lai¹, Feifei Sun¹, Jianchuan Wen³

¹Rongjiang Meteorological Bureau, Qiandongnan Guizhou

²Sansui Meteorological Bureau, Qiandongnan Guizhou

³Kaili Meteorological Bureau, Qiandongnan Guizhou

Received: October 12, 2025; accepted: November 12, 2025; published: November 20, 2025

文章引用: 蔡垚, 杨胜海, 赖小红, 孙飞飞, 文建川. 榕江县松材线虫病气象生存条件及防治建议研究[J]. 气候变化研究快报, 2025, 14(6): 1306-1317. DOI: 10.12677/ccrl.2025.146131

Abstract

This study primarily investigates the influence of meteorological factors on the survival conditions and severity of Pine Wilt Disease. Utilizing meteorological data from the National Basic Meteorological Station in Rongjiang County and the regional automatic station in Zhongcheng Town from 2020 to 2024, along with epidemic data on Pine Wilt Disease, and employing statistical analysis of various climate factors, the following conclusions were drawn: (1) The number of dead trees and the affected area due to Pine Wilt Disease in Guzhou Town overall exhibited a trend of initial increase, followed by a decrease, and then a subsequent increase, while in Zhongcheng Town, the trend showed an initial increase followed by a decrease. (2) Conditions of high temperature, low rainfall, low humidity, and dryness are conducive to the survival and development of pinewood nematodes within Rongjiang County; conversely, opposite conditions are unfavorable. Therefore, to effectively suppress outbreaks, it is recommended to conduct pest prevention and control efforts during the summer months (May-July) when rainfall is relatively abundant and the winter season (November-January of the following year) when temperatures are lower.

Keywords

Rongjiang County, Pine Wilt Disease, Meteorological Factors, Suitable Conditions

Copyright © 2025 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

松树作为乡土树种中的主要种群，在榕江县森林资源中松树资源有着举足轻重的地位和作用。2019年底，在榕江县古州镇、忠城镇等地发生松材线虫疫情，自2020年以来，榕江县每年投入大量资金，采取综合防治等措施，虽取得了一定的防治成效，但松材线虫病发生面积和枯死树数量仍没有得到较好控制。

近年来，已有部分学者对松材线虫病进行一定的研究。如鲁良宝分析了松材线虫病是一种发生于松树林中的常见病虫草害，又称松枝枯萎症。尤其是每年的5~10月，是松材线虫病的高发期，随着气温的不断升高，松材线虫的传播速度会越来越快，当温度达到20℃~25℃时，会出现大量的松材线虫病。我国地势较低、气温较高、气候干燥的地区容易发生病虫害，且病虫害的蔓延情况也更加严重[1]。张潮针对2010~2019年我国松材线虫病疫情的变化规律，找到松材线虫病扩散蔓延的规律，并结合江西省松材线虫病疫情分析了气候因素对的影响规律，其研究表现出江西省降水量和相对湿度的骤降及平均气温和日照时数的骤增是加速松材线虫病暴发的重要因素[2]。高瑞贺分析了湖北省宜昌市夷陵区松材线虫病各疫情指数之间的关系以及不同气候因素对松材线虫病发病程度的影响规律，明确了月平均气温、月平均最高气温、月平均相对湿度和年降水量是主导松材线虫病疫情发生的主要气候因子[3]。此外，还有许多专家学者对松材线虫病的防治进行了分析。

目前，关于气象因素(温度、湿度、雨量等)对松材线虫病的生存条件和危害程度影响的研究报道还比较少。本文利用2020年1月1日至2024年12月31日榕江县国家基本气象站及忠诚镇区域自动站气象数据资料，利用算术平均值和5年滑动平均值表征各个气象因子平均水平的气象数据处理方法，采用对比分析、气候变化、气象因子差异性检验等方法对温度、降水等气象要素进行相关性分析及差异性分析。若

相关性好，则结合气象条件对全县松材线虫病发生发展关键期建立气象要素订正指标，为防控松材线虫病提供更优良的气象服务保障。

2. 材料与方法

2.1. 数据来源

本研究选取了榕江县古州镇、忠诚镇 2020~2024 年松材线虫病的疫情数据，数据主要有乡镇疫区病枯死数目、松材线虫病的危害面积。榕江县松材线虫病疫情数据来源于榕江县林业局森防站，气象数据来源于榕江县国家基本气象站及忠诚镇区域自动站气象数据资料，包括温度、降雨量、相对湿度的月值和年值。上述气象要素数据中若有缺失，采取剔除后用均值的方式修正作为补充，其中忠诚为两要素站，其相对湿度数据分析参考临近五要素站点蔬菜基地数据代替。榕江县古州镇、忠诚镇、蔬菜基地气象站点基本信息见表 1。

Table 1. Basic information of meteorological stations in Guzhou Town, Zhongcheng town, and the vegetable base of Rongjiang county

表 1. 榕江县古州镇、忠诚镇、蔬菜基地气象站点基本信息

区站号	乡镇	经度	纬度	海拔高度	开始时间
57932	古州	108.51	25.93	259.3	1953.02
R5312	忠诚	108.55	26.01	277.0	2009.03
R5326	蔬菜基地	108.55	25.99	265.0	2014.01

2.2. 数据处理与分析方法

选取榕江县国家基本气象站及忠诚镇区域自动站 2010~2024 年平均气温、降水量、相对湿度等指标作为影响松材线虫病的主要气候因子。对各个气候因子进行统计分析，以算术平均值和 5 年滑动平均值表示在特定时间内的该区域的平均状况，以距平值表示当年气象要素值与历年平均值之间的差异，对比其优劣势情况。数据的统计和分析均采用 Microsoft Excel 2003 完成。

3 结果与分析

3.1. 榕江古州镇、忠诚镇松材线虫病疫情变化情况

3.1.1. 榕江古州镇、忠诚镇松材线虫病枯死株数变化情况

由图 1 可得出，榕江县古州镇、忠诚镇 2020~2024 年松材线虫病枯死株数变化无明显变化规律，古州镇整体上呈现出增加趋势，忠诚镇整体上呈现出减少趋势。其中，古州镇、忠诚镇松材线虫病枯死株数均在 2021 年达到最高值，2022 年古州镇、忠诚镇松材线虫病枯死株数均明显下降，2023 年古州镇、忠诚镇松材线虫病枯死株数均有所上升，但上升幅度不大，2024 年古州镇松材线虫病枯死株数仍有上升，而忠诚镇松材线虫病枯死株数则有所下降，两镇松材线虫病枯死株数差别于本年明显拉开。

3.1.2. 榕江古州镇、忠诚镇松材线虫病危害面积变化情况

由图 2 可得出，榕江县古州镇、忠诚镇 2020~2024 年松材线虫病危害面积变化同样无明显变化规律，古州镇整体上波动幅度较大，呈现先大幅上升后下降再缓慢上升趋势，忠诚镇整体上较为稳定，呈现降低趋势。其中，2021 年古州镇松材线虫病危害面积达到最高值，为爆发式增长，忠诚镇松材线虫病危害

面积达较 2020 年略有下降，2022 年古州镇松材线虫病危害面积明显下降，忠诚镇松材线虫病危害面积均也继续下降，2023 年古州镇、忠诚镇松材线虫病危害面积均有所增加，古州镇增加幅度更为明显，2024 年古州镇松材线虫病危害面积均仍有所上升，但上升幅度相对减弱，忠诚镇松材线虫病危害面积则明显下降。

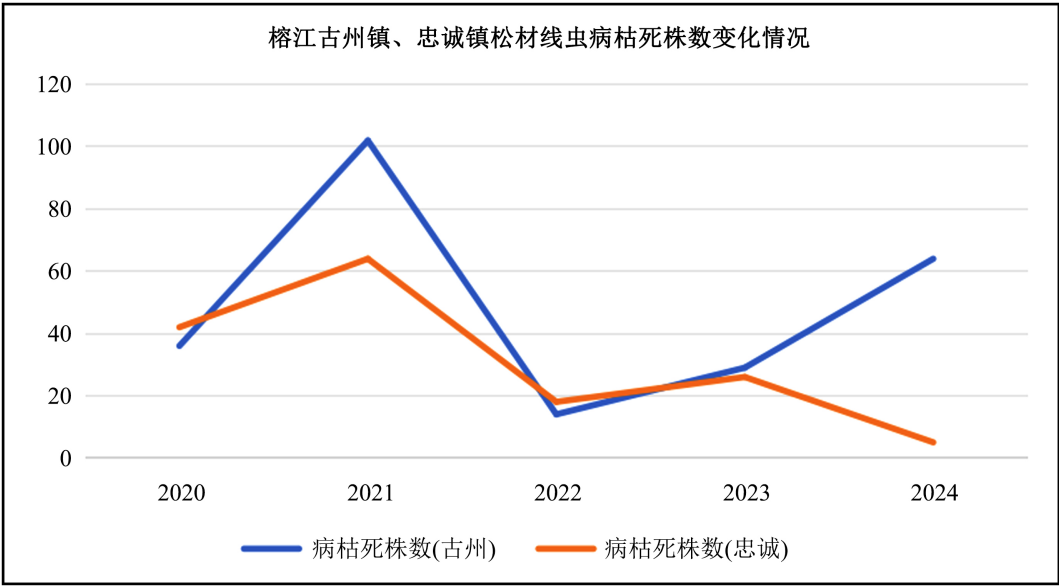


Figure 1. Changes in the number of dead plants of pine wood nematode in Guzhou Town and Zhongcheng Town of Rongjiang

图 1. 榕江古州镇、忠诚镇松材线虫病枯死株数变化情况

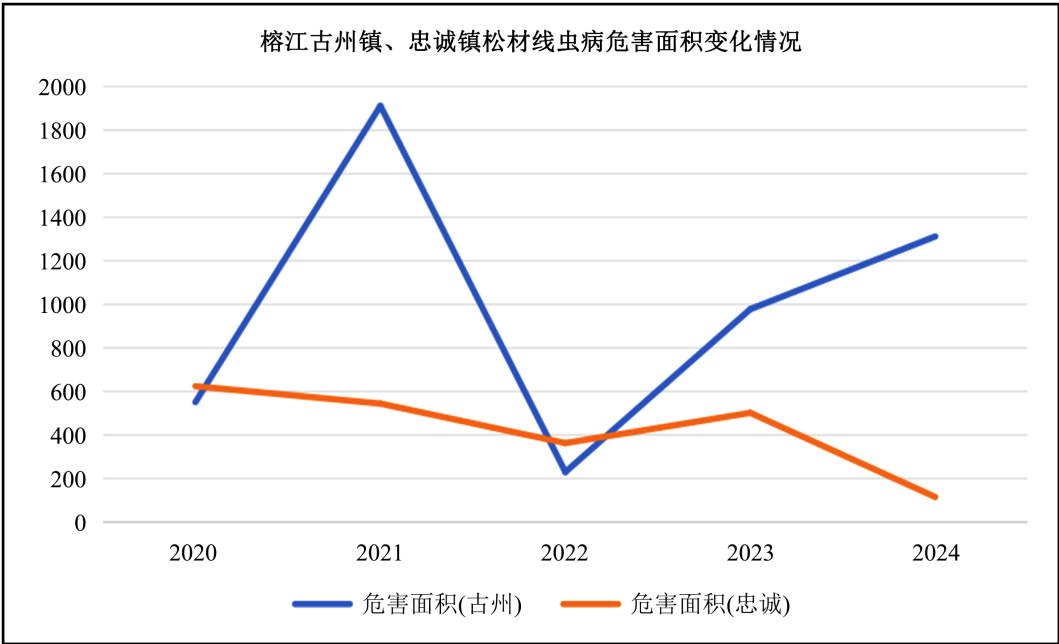


Figure 2. Changes in the area of hazards of pinewood nematode disease in Guzhou Town and Zhongcheng Town of Rongjiang

图 2. 榕江古州镇、忠诚镇松材线虫病危害面积变化情况

3.2. 与松材线虫病发病相关的气候因素因子分析

3.2.1. 气温变化

1) 年平均气温

古州镇 2010~2024 年历年平均气温为 19.2℃，其 5 年滑动平均气温值为 19.1℃，均远高于松材线虫正常发育的最低气温(10.0℃)，发病 5 年期间(2020~2024 年)年平均气温距历年平均值除 2020 年持平外，其余均大于 0，5 年滑动平均气温距历年平均值均大于 0 (见图 3)，说明古州镇 2021~2024 年年平均气温均大于历年平均气温值，而 2020~2024 年正是松材线虫病在古州镇发生发展的阶段，这也能够说明其气温条件较高则为古州镇松材线虫病的发生发展提供了有利条件。

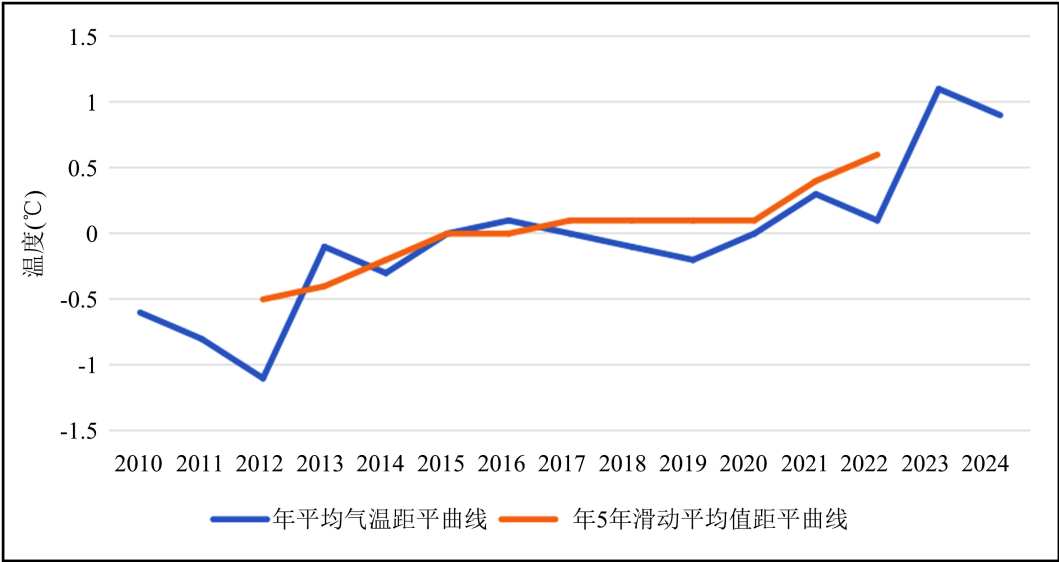


Figure 3. Changes in the annual average temperature range of Guzhu Town, Rongjiang from 2010 to 2024
图 3. 榕江古州镇 2010~2024 年年平均气温距平变化情况

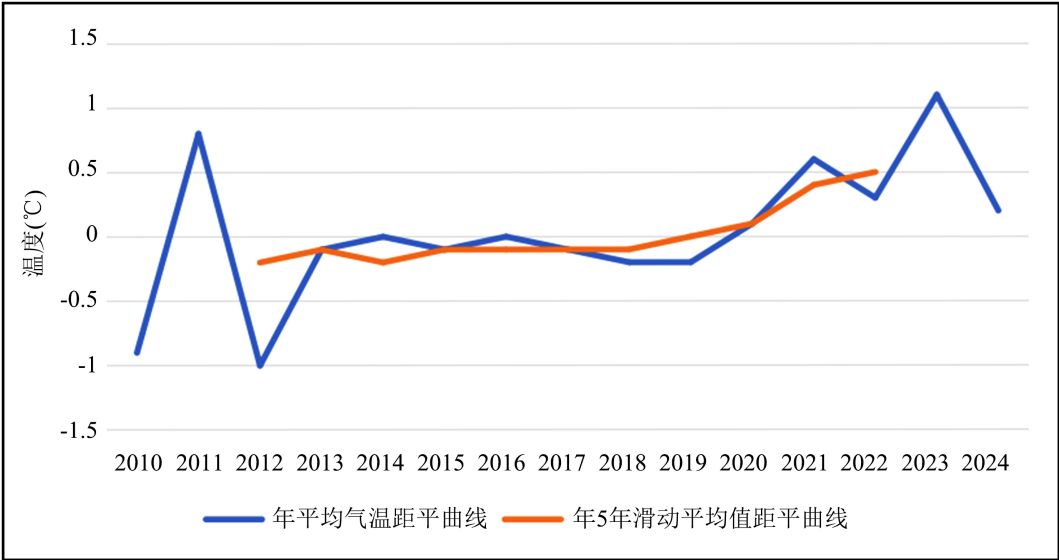


Figure 4. Changes in the annual average temperature range of Zhongcheng Town, Rongjiang from 2010 to 2024
图 4. 榕江忠诚镇 2010~2024 年年平均气温距平变化情况

忠诚镇 2010~2024 年历年平均气温及 5 年滑动平均气温值均为 19.0℃，均远高于松材线虫正常发育的最低气温(10.0℃)，松材线虫发病 5 年期间(2020~2024 年)忠诚镇年平均气温及 5 年滑动平均值距历年平均值均大于 0(见图 4)，说明忠诚镇 2020~2024 年年平均气温均大于历年平均气温值，同样为忠诚镇松材线虫病的发生发展提供了有利条件。

2) 月平均气温

图 5、图 6 分别为榕江古州镇、忠诚镇 2010~2024 年月平均气温变化情况。由图可知，各月平均气温差异较大，平均气温在 7 月达到最大值，1 月达到最小值。其中 4 月古州镇 2010~2024 年月平均气温与近五年(2020~2024 年)月平均气温持平，4 月忠诚镇 2010~2024 年月平均气温高于近五年(2020~2024 年)月平均气温 0.1℃，其余月份 2010~2024 年古州镇和忠诚镇月平均气温均低于松材线虫病发病期间(2020~2024 年)月平均气温，因此可得出，较高的气温条件加快松材线虫的代谢速度，有利于松材线虫病的发展。

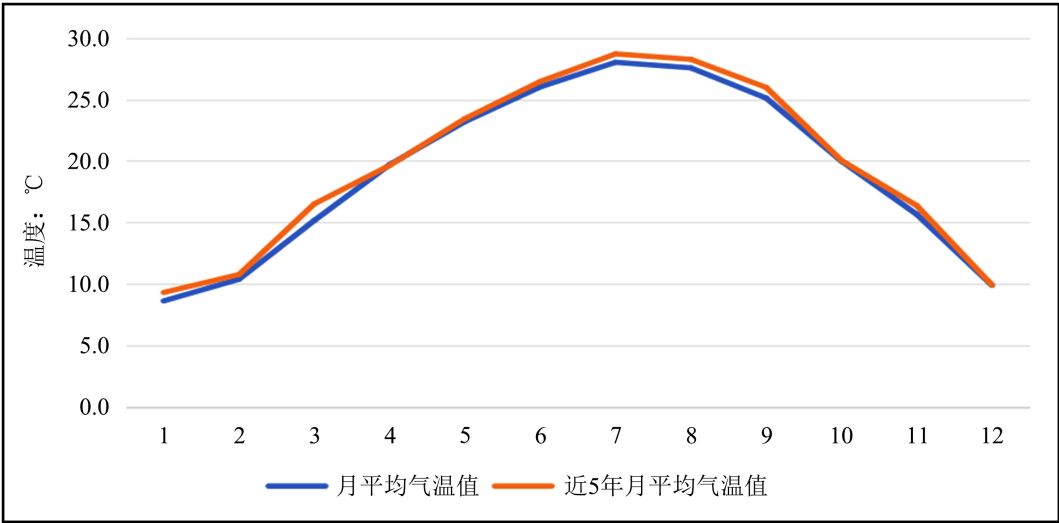


Figure 5. Changes in the monthly average temperature of Guzhou Town, Rongjiang from 2010 to 2024
图 5. 榕江古州镇 2010~2024 年月平均气温变化情况

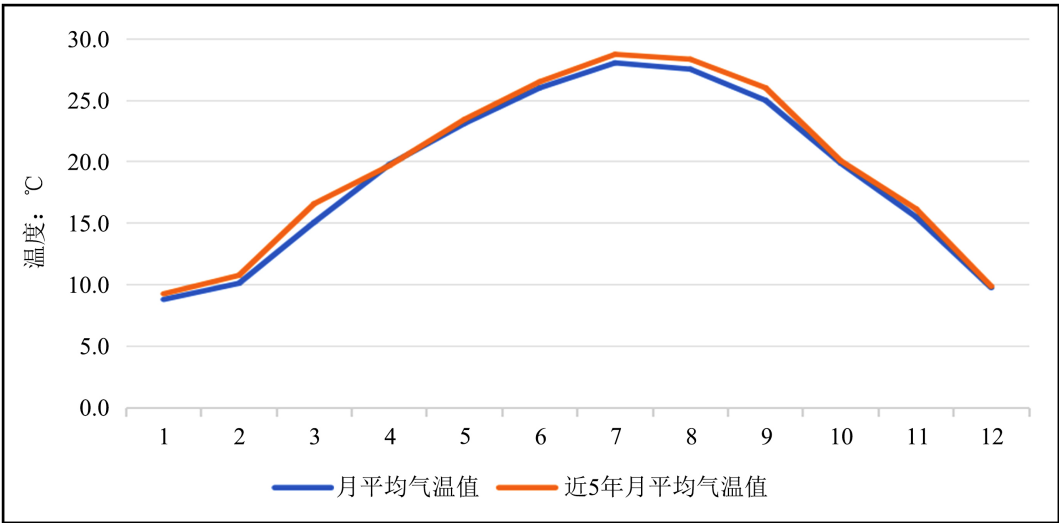


Figure 6. Changes in the monthly average temperature in Zhongcheng Town, Rongjiang from 2010 to 2024
图 6. 榕江忠诚镇 2010~2024 年月平均气温变化情况

3.2.2. 降水量变化

1) 年降水量变化

图 7 为古州镇 2010~2024 年年降水量距平变化情况。由图可得出，2020 年开始年降雨量距平曲线呈先增后降的趋势，5 年滑动平均降雨量距平曲线呈下降趋势，均无明显变化规律。其中 2020 年年降雨量和 5 年滑动平均降雨量的距平值均大于 0，说明 2020 年降水量高于历年降水量平均值，2020 年古州镇松材线虫病开始产生；2021 年年降雨量高于历年降雨量平均值，但 5 年滑动平均值却呈现低于历年平均值，该年松材线虫病的发展达到峰值；2022 年年降雨量和 5 年滑动平均降雨量的距平值均小于 0，说明 2022 年降水量低于历年降水量平均值，该年松材线虫病达到最低值。可看出逐年降雨量数据都有明显的不确定性，其对古州镇松材线虫病的对应关系不大，从 5 年滑动平均降雨量值在松材线虫发病期间(2020~2022 年)呈现下降趋势上可得到降雨减少对松材线虫病发展可能有一定影响。

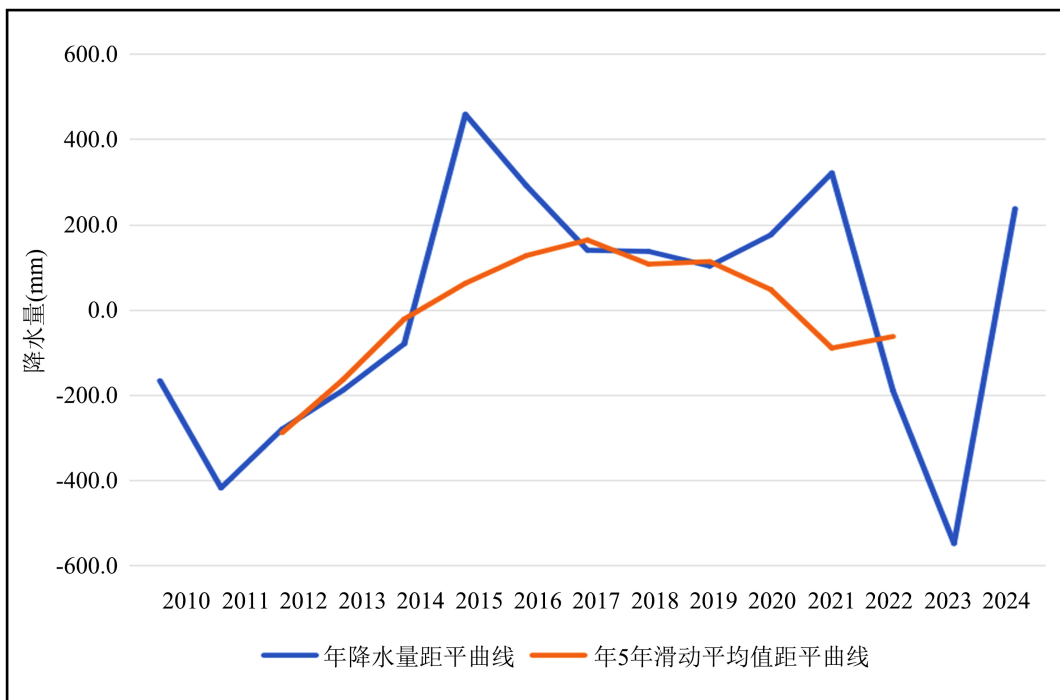


Figure 7. Changes in annual precipitation distance between Guzhen Town, Rongjiang from 2010 to 2024
图 7. 榕江古州镇 2010~2024 年年降水量距平变化情况

图 8 为忠诚镇 2010~2024 年年降水量距平变化情况。由图可得出，2020 年开始年降雨量距平曲线呈先增后降再增的趋势，5 年滑动平均降雨量距平曲线呈先降后升趋势，均无明显变化规律。其中 2020 年到 2021 年和 2024 年年降雨量距平值均大于 0，说明其年降水量高于历年降水量平均值，则说明松材线虫病发生发展期间的年降雨量是偏高的；5 年滑动平均降雨量的距平值均小于 0，说明其年降水量距平值低于历年降水量平均值，则松材线虫病发生发展期间的 5 年滑动降雨量是偏低。其中 2022 年年降雨量和 5 年滑动平均降雨量的距平值均小于 0，说明 2022 年降水量低于历年降水量平均值，该年松材线虫病还有发生发展。可以看出，忠诚镇年降雨量逐年变化无明显规律，且与该地松材线虫病的对应关系不大，5 年滑动平均值更能体现其年降雨量的稳定性，在忠诚镇松材线虫发病期间(2020~2022 年)低于历年平均值，则说明在降雨偏少的情况下有利于该地松材线虫病发生发展。

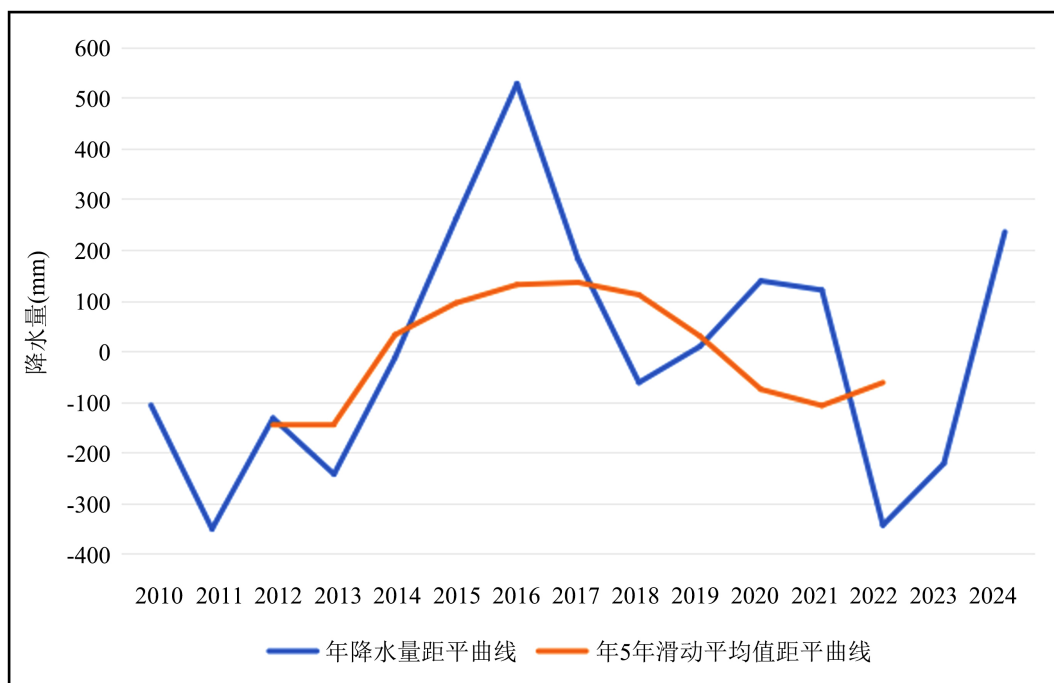


Figure 8. Changes in annual precipitation distances in Zhongcheng Town, Rongjiang from 2010 to 2024

图 8. 榕江忠诚镇 2010~2024 年年降水量距平变化情况

2) 月降水量变化

分析古州镇和忠诚镇各月平均降雨量变化情况可得到(见图 9、图 10)，各月的降雨量差异较大，降雨高峰期主要集中在 4~9 月，6 月降雨峰值达到最大值。其中，2020~2024 年(松材线虫病发病期间)6 月古州镇和忠诚镇降水量明显低于历年月平均降水量。整体上降雨量偏少的条件下，更有利于松材线虫的发生发展。

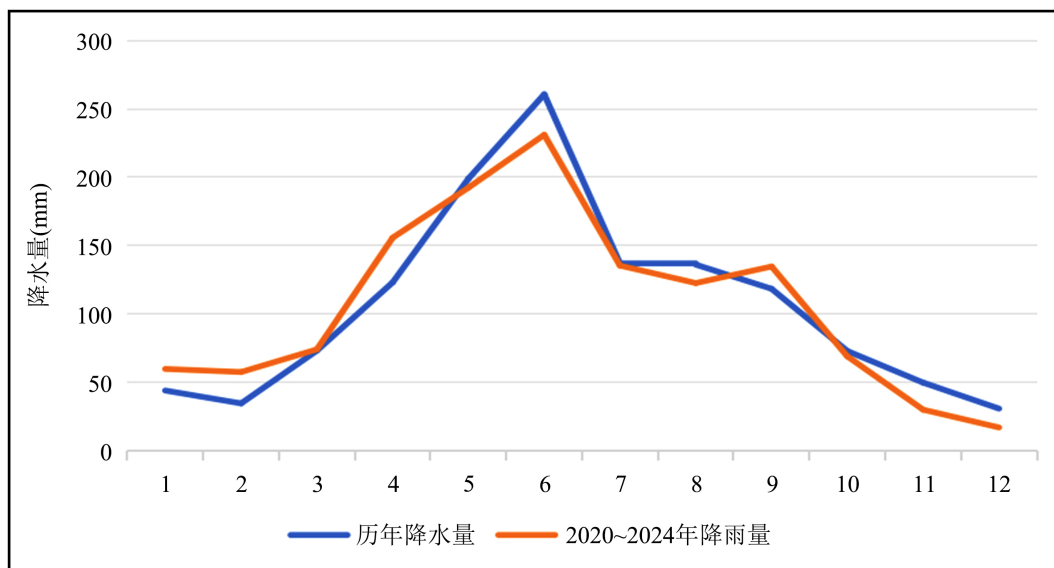


Figure 9. Changes in the monthly average precipitation in Guzhou Town, Rongjiang from 2010 to 2024

图 9. 榕江古州镇 2010~2024 年月平均降水量变化情况

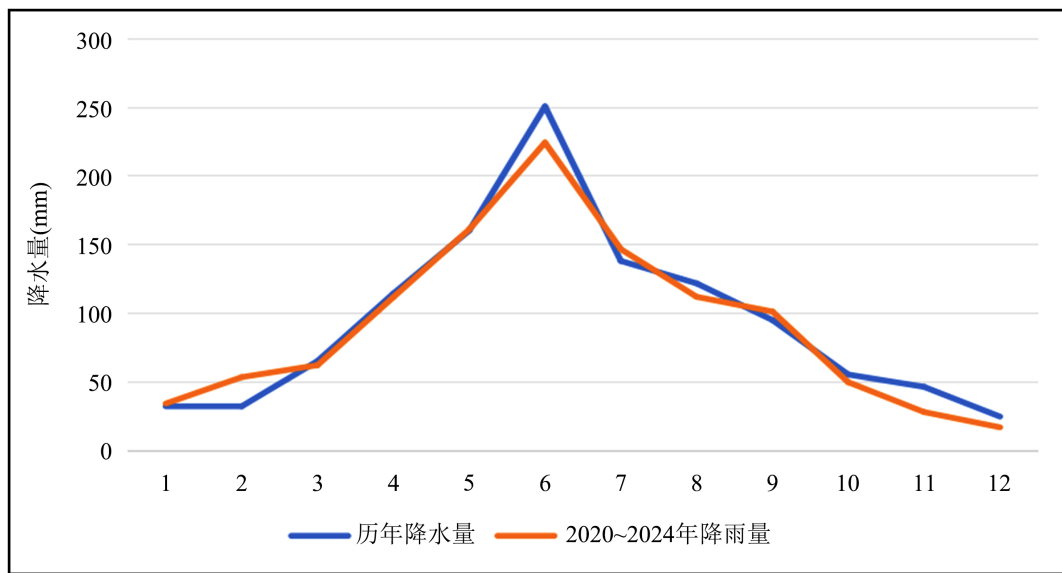


Figure 10. Changes in the monthly average precipitation in Zhongcheng Town, Rongjiang from 2010 to 2024
图 10. 榕江忠诚镇 2010~2024 年月平均降水量变化情况

3.2.3. 相对湿度变化

1) 年平均相对湿度

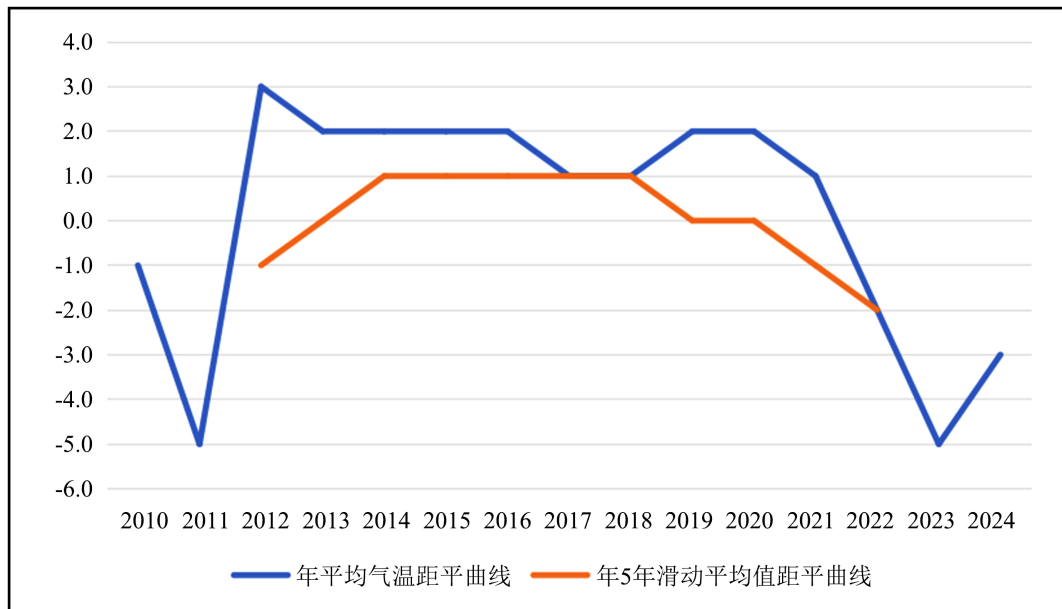


Figure 11. Changes in relative humidity distance value of Guzhen Town from 2010 to 2024
图 11. 古州镇 2010~2024 年相对湿度距平值变化情况

图 11 为古州镇 2010~2024 年相对湿度距平值变化情况。由图可知，古州镇年相对湿度距平值呈现双峰状，在 2012 年达到第一个峰值(即最大峰值)，在 2019~2020 年达到第二个峰值，2020 年后年相对湿度距平值呈先降后升趋势，2021 年急剧下降，2020~2022 年发病期间年相对湿度高于历年相对湿度平均值，2023~2024 年发病期间年相对湿度高于历年相对湿度平均值。其五年滑动平均值在 2020 年后(2020~2022

年期间)均低于历史滑动平均值。可以得出相对湿度降低对松材线虫发病期间(2020~2024年)有一定影响。

图 12 为忠诚镇(蔬菜基地) 2013~2024 年相对湿度距平值变化情况。其年相对湿度无明显变化规律, 2017 年之前均年相对湿度高于历年相对湿度平均值, 2017 年后除 2021 年外, 其年相对湿度均低于历年相对湿度距平值, 同时年 5 年滑动平均值在 2020~2024 年期间均低于历史滑动平均值。故从研究结果可以得出, 在相对湿度较低、空气条件较干燥的条件下可能会适合松材线虫病的发生和蔓延。

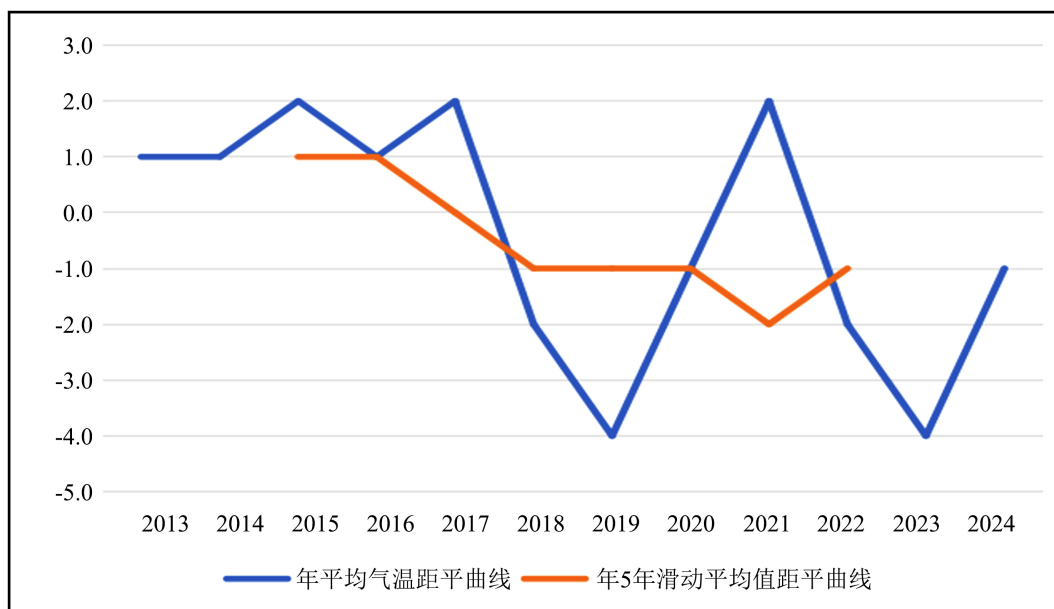


Figure 12. Changes in the relative humidity distance value of Zhongcheng Town (vegetable base) from 2013 to 2024

图 12. 忠诚镇(蔬菜基地) 2013~2024 年相对湿度距平值变化情况

2) 月相对湿度

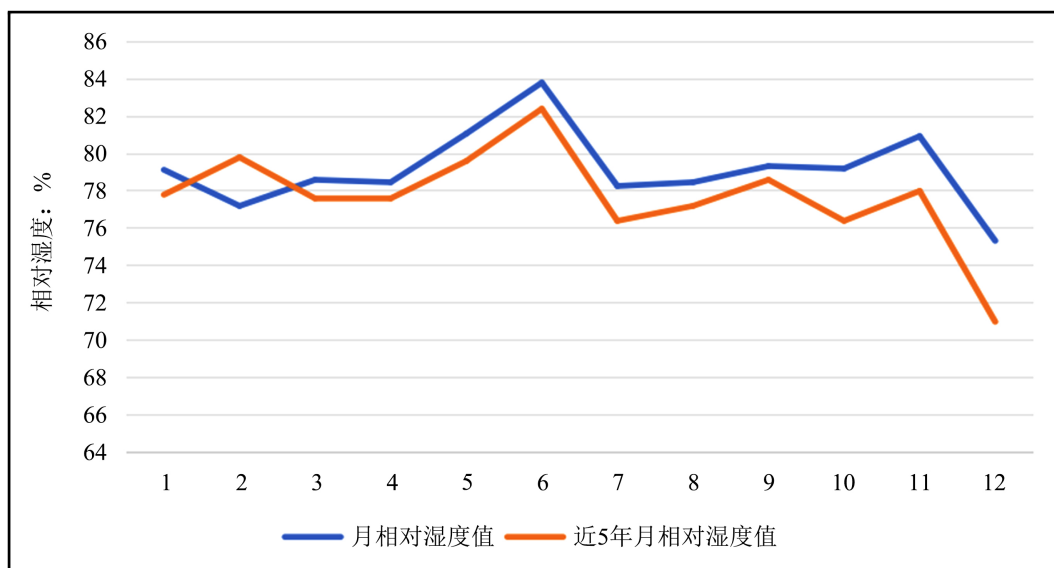


Figure 13. Relative humidity changes in Guzhen Town from 2010 to 2024

图 13. 古州镇 2010~2024 年月相对湿度变化情况

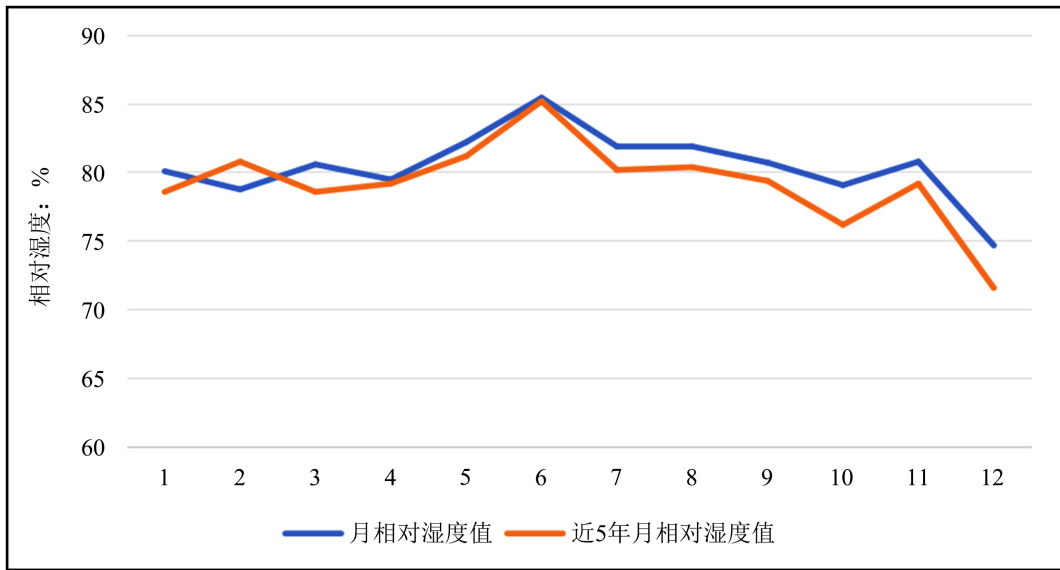


Figure 14. Changes in relative humidity in Zhongcheng Town (vegetable base) from 2014 to 2024
图 14. 忠诚镇(蔬菜基地) 2014~2024 年月相对湿度变化情况

图 13、图 14 分别为榕江古州镇 2010~2024 年月平均气温变化情况、忠诚镇 2014~2024 年月相对湿度变化情况。由图可知，各月相对湿度存在差异，在松材线虫病爆发期间(2020~2024 年)，古州镇在 3~12 月里除 4 月和 9 月其相对湿度与历年相对湿度持平外，其余月份的相对湿度都低于历年相对湿度；忠诚镇在 3~12 月里除 6 月其相对湿度与历年相对湿度持平外，其余月份的相对湿度都低于历年相对湿度。这也为处于活跃期(3~11 月)的松材线虫营造出干燥的条件，有利于其数量得到迅速地增长，进而松材线虫病疫情更加蔓延扩散。

4. 结论

- (1) 2020~2024 年榕江县古州镇、忠诚镇松材线虫病生存发展无明显规律，其每年增长或降低趋势主要取决于疫情防治的力度，古州镇松材线虫病枯死株数变化、危害面积变化整体呈现先增后降再增的趋势，忠诚镇则整体呈现先增后降的趋势。
- (2) 2020~2024 年榕江古州镇、忠诚镇年平均气温普遍大于历年平均气温值，2010~2024 年月平均气温与近五年(2020~2024 年)月平均气温相比，除 4 月持平或稍偏高外，其余月份的月平均气温均低于近五年(2020~2024 年)月平均气温，说明 2020~2024 年的年、月平均气温要比历年年、月平均气温要高，而在较高的气温条件下，有利于松材线虫病的发展。
- (3) 榕江古州镇、忠诚镇年、月降水量无明显变化规律，而在 2020~2024 年松材线虫病发展期间降水量相对历年平均值较少，降雨高峰期主要集中在 4~9 月，而在峰值 6 月时古州镇和忠诚镇降水量明显低于历年月平均降水量。可得出松材线虫病在降雨量少的条件下更适合其生产发展。
- (4) 从古州镇和忠诚镇(蔬菜基地)年相对湿度研究可以得出，在相对湿度较低、空气条件较干燥的条件下可能会更适合松材线虫病的发生和蔓延。而在逐月的相对湿度分析中可知，古州镇和忠诚镇(蔬菜基地)月相对湿度除个别月份(4 月和 9 月、6 月)与历年相对湿度持平外，其他月份的相对湿度均低于历年月相对湿度，尤其在处于活跃期(3~11 月)的松材线虫提供了干燥的生存环境，有利于其数量的增长。
- (5) 针对榕江县古州镇、忠诚镇松材线虫病可以推断：在高温、降雨少、低湿、干燥的条件时，有利于松材线虫在榕江境内的生存发展；反之则不利于松材线虫的生存发展。因此为有效抑制其爆发，建议

可在降雨偏多的夏季(5~7 月)及温度较低的冬季(11~次年 1 月)进行病虫害疫情防控和防治工作。

参考文献

- [1] 鲁良宝. 针对林业常见病虫害松材线虫病的防治技术分析[J]. 农业灾害研究, 2023, 13(3): 28-30.
- [2] 张潮. 我国松材线虫病的扩散趋势及气候对疫情的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 2020.
- [3] 高瑞贺, 冀卫荣, 李宏, 等. 松材线虫病疫情指数与气候因素之间的关系[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2019, 39(5): 32-40.