

杨华, 凌斯全, 田龙艳, 等. 广东省红树林有害生物调查与防治建议 [J]. 湿地科学, 2025, 23(2): 262-273. [Yang H, Ling S Q, Tian L Y, et al. Current status of mangrove pests in Guangdong Province and suggestions for their control management[J]. Wetland Science, 2025, 23(2): 262-273.] DOI: 10.13248/j.cnki.wetlandsci.20240038; CSTR: 32178.14.wetlandscience.20240038

广东省红树林有害生物调查与防治建议

杨 华, 凌斯全, 田龙艳, 邱华龙, 秦长生, 徐金柱*

(广东省林业科学研究院广东省森林病虫害生物防治重点实验室, 广东 广州 510520)

摘要:为了解和掌握广东省红树林有害生物的种类、分布及发生情况。2021—2023 年, 采用踏查、标准地调查和专题调查相结合的方法, 对广东省有红树林分布的自然保护地和湿地公园中的病、虫、植物及其他有害生物种类与分布开展系统调查。共调查到昆虫 244 种, 植物病害 34 种, 有害植物 15 种以及其他类型有害生物 3 种。为害程度为轻度以上的有害生物有 34 种, 其中植物病害 5 种, 有害昆虫 21 种, 有害植物 5 种, 其他类型有害生物 3 种, 重度为害的有害生物占 29.41%。煤污病、斑点广翅蜡蝉 (*Ricania guttata*)、海榄雌瘤斑螟 (*Ptyomaxia syntaractis*)、柚木驼蛾 (*Hyblaea puera*)、星天牛 (*Anoplophora chinensis*)、互花米草 (*Spartina alterniflora*) 及浒苔 (*Enteromorpha* sp.) 为害最为严重。广东省红树林资源种类丰富, 系统稳定但分布不均, 要坚持“预防为主, 防治结合, 群防群治”的工作原则, 加强检疫, 长期监测, 建立以绿色防控为主的综合防控体系。

关键词:红树林; 有害生物; 为害; 防治策略; 广东省

中图分类号:X835 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-5948(2025)02-262-12

红树林主要分布在热带、亚热带和部分温带地区的潮间带, 大多生长在江河入海口及沿海岸线的海湾内, 是全球公认的富含碳的生态系统之一, 为周边沿海地区提供了重要的经济和生态服务^[1], 但也是世界上最受威胁的生态系统之一^[2]。相比于陆地森林系统, 红树林群落结构相对单一、纯林比例较高、无林下植物, 生存环境较恶劣, 易于诱发规模性病虫害。通常认为病虫害的发生主要是人为因素, 特别是水产养殖、沿海滩涂商品化生产以及人为贸易活动带来外来物种的影响^[3], 然而, 近年来极端天气事件、海岸侵蚀等自然驱动因素对病虫害发生的影响也日益增加^[4]。

近十多年来, 红树林病虫害几乎年年发生, 其中海榄雌瘤斑螟 (*Ptyomaxia syntaractis*)^[5]、桐花毛颚小卷蛾 (*Lasiognatha cellifera*)^[6]、柚木驼蛾 (*Hyblaea puera*)^[7] 等在多地多次暴发成灾, 造成海

榄雌 (又名白骨壤, *Avicennia marina*)、蜡烛果 (又名桐花树, *Aegiceras corniculatum*)、秋茄 (*Kandelia candel*) 等植物大面积受害, 影响寄主植株的正常生长, 甚至导致部分植株枯死, 降低了红树植物生态功能的发挥, 对红树林湿地的生态健康造成了严重威胁。海榄雌瘤斑螟是海榄雌的专一性害虫, 2004 年在广西山口大面积爆发, 为害 1 周后受害面积从 40 hm² 迅速增加至 106 hm², 扩散迅速^[5]。桐花毛颚小卷蛾以幼虫为害叶片及嫩梢, 导致桐花树连片枯黄, 2007 年在广西钦州红树林保护区内, 危害率达 100%^[8]。柚木驼蛾寄主广泛, 在红树林内主要为害海榄雌属植物, 2005 年该虫在巴西红树林内大爆发^[9], 中国在 2010 年首次报道了该虫为害红树植物, 随后在红树林内多次被发现, 2015 年, 该虫在广西红树林内大爆发^[9], 成灾面积达 300 hm²。盾蚧类 (*Diaspididae*) 昆虫也是红

收稿日期: 2024-01-31; 修订日期: 2024-05-10

基金项目: 广东省林业科技创新项目 (2023KJ CX020) 和广东省重点领域研发计划项目 (2020B020214001) 资助。[Foundation: Forestry Science and Technology Innovation Project of Guangdong Province (2023KJ CX020), and Key Technologies Research and Discover Program of Guangdong Province (2020B020214001).]

作者简介: 杨华 (1980—), 女, 吉林省吉林市人, 博士, 高级工程师, 从事林业有害生物绿色防控研究。E-mail: yanghua@sinogaf.cn

*通信作者: 徐金柱, 教授级高级工程师。E-mail: 282272693@qq.com

树林内的主要害虫,其通过刺吸口器吸食植物汁液,导致叶片变黄、卷曲、脱落,考氏白盾蚧(*Pseudaulacaspis caspiscockerelli*)在福建省厦门市、广西壮族自治区北海市、广东省廉江市等地均有报道,并且存在潜在爆发的风险^[10]。2016年浙江瓯江口湿地红树林感染考氏白盾蚧的面积达90%以上,1~2年生秋茄幼苗死亡率达50%以上^[11]。2019年王胜坤等^[12]首次报道了一种红树林新害虫——秋茄盾蚧(*Lepidosaphes pallidula*),该虫可引起植株黄化,在广东珠海和惠州两地引起新造林地植株死亡,严重影响沿海滩涂防护林营造。

植物病害主要由病原微生物引起,目前关于红树林病害的报道相对较少,红树林病害如灰霉病、煤污病^[13]等可导致叶片褪绿脱落,严重影响植株的生长。2000年,Wier和Tattar^[14]报道了在波多黎各西南部拉帕格拉附近海岸线上,大量美洲红树叶片被壳囊孢霉属(*Cytospora*)病原菌侵染,出现枯顶,致病率达33%;在印度西南部皮查瓦拉姆地区的红树林湿地,约12%的红树植物叶片遭受病害侵蚀^[15]。红树林害虫为害发生是一个动态的过程,与寄主植物、害虫的生物学特性、气候条件等多种因子相关,红树林物种多样,且具备海洋和陆地生态系统的双重特征,因此增加了害虫监测的复杂性和防治难度。

广东省拥有长达3368.1 km的漫长海岸线,接近红树林分布的北缘,年平均气温21~25℃,最低气温2.0~6.5℃,广东海岸线有珠江等八大出海口,以及榕江、韩江等海湾。目前,广东省红树林总面积 $1.06 \times 10^4 \text{ hm}^2$,主要分布在沿海的13个地级市,占中国红树林面积的39.3%^[16]。广东省有红树植物37种,主要包括桐花树群落、海榄雌群落、秋茄群落、木榄群落以及几种群落的混交,其中桐花树、秋茄和海榄雌种植面积较大。近年来,广东省红树林害虫为害呈现频繁化、严重化的特点,其中八点广翅蜡蝉(*Ricabia speculum*)^[17]、海榄雌瘤斑螟^[18]等害虫在全省多地多次暴发成灾,影响寄主植株的正常生长,严重影响了广东省红树林生态系统的稳定。

本研究通过对广东省红树林有害生物进行调查,获得准确、客观的林业有害生物信息,了解广东省红树林有害生物种类及危害发生情况,以期开展红树林有害生物科学防控,维护红树林生态平衡和生态安全提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查时间与地点

2021年3月至2023年12月,在湛江市、珠海市淇澳岛、广州市南沙区、深圳市福田区、惠州市惠东县、汕尾市城区以及汕头市义丰溪等有红树林分布的自然保护区和湿地公园(图1),开展有害生物调查,主要包括病、虫、草及其他种类,着重对有害昆虫进行调查。广东湛江红树林国家级自然保护区和广东内伶仃岛-福田国家级自然保护区是国家级红树林自然保护区,其中湛江红树林分布区是中国面积最大的红树林分布区,惠州市惠东县红树林位于广东惠东港口海龟国家级自然保护区,是亚洲大陆唯一的海龟自然保护区。广东东部沿海地区红树林分布较少,仅在汕尾城区及汕头义丰溪等地有零星分布,由于其与福建相邻,红树林种群结构与福建省红树林具有一定的相似性。

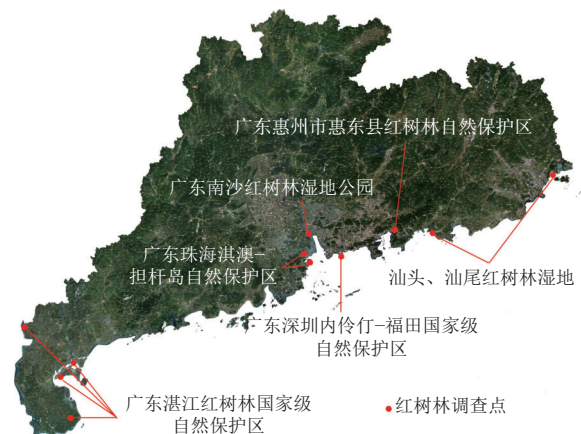


图1 广东省红树林有害生物调查点

Fig.1 Investigation sites of mangrove pests in Guangdong Province

1.2 调查方法

以踏查为主,采用踏查、标准地调查和专项调查相结合的方法开展外业调查,调查过程中采用了GPS定位技术、无人机及奥维地图等多种技术手段,在湛江高桥红树林自然保护区使用智能监测平台进行监测。根据广东省红树林分布情况,选取广东湛江红树林国家级自然保护区、广东珠海淇澳-担杆岛自然保护区、广东深圳内伶仃-福田国家级自然保护区、广州南沙红树林湿地公园、广东惠州市惠东县红树林自然保护区以及汕头汕尾红树林湿地6个地区作为调查点。每个季度踏

查1次,在湛江高桥、珠海淇澳岛对发生病虫害的区域设置标准地进行详细调查,每块标准地的面积为0.03 hm²左右,每处设置3次重复,每块标准地内的红树植物至少30株,在每块标准地随机调查红树植物30株及以上。针对互花米草(*Spartina alterniflora*)开展专项调查。通过网捕、灯诱等手段采集昆虫,每季度采集1次具有典型症状的病害样本(发病枝干、叶片及根茎)带回实验室进一步鉴定。根据广东省现有红树林资源分布状况和林业有害生物生物学特征,确定有害生物发生的种类、为害部位、为害程度等,提取待鉴定生物的遗传物质,通用引物扩增后经上海生工进行测序,在本实验室根据形态特征及遗传物质序列比对结果进行鉴定,汇总后形成林业有害生物汇总表,统计发生严重的几种有害生物的分布和发生情况。

根据《林业主要有害生物调查总则》(LY/T 2011—2012)^[19]和《林业有害生物发生及成灾标准》(LY/T 1681-2006)^[20],将有害生物为害程度分为轻度、中度和重度3个级别,详见表1~3。分别使用叶片受害率和受害株率对受害程度进行评价。

表1 害虫为害程度分级标准

害虫种类	指标	轻度(+)%	中度(++)%	重度(+++)%
叶部害虫	叶片受害率	0~20	>20~50	>50
	受害株率	0~30	>30~50	>50
枝梢害虫	枝梢受害率	0~20	>20~50	>50
	受害株率	0~20	>20~50	>50
蛀干害虫	树干受害率	0~10	>10~20	>20
种实害虫	果实、种子被害率	0~10	>10~20	>20
地下害虫	受害株率	0~1	>1~10	>10

表2 病害为害程度分级标准

指标	轻度(+)%	中度(++)%	重度(+++)%
叶片受害率	0~30	>30~60	>60
枝梢受害率	0~20	>20~50	>50
树干、根部受害率	0~10	>10~20	>20

叶片受害率统计方法:随机选取10株寄主植物,随机统计一侧枝或整株叶片总数及受害叶片数,用受害叶片数占调查叶片总数的百分比表征叶片受害率,最后取10株植物的平均受害率评价受害程度。

表3 有害植物为害程度分级标准

Table 3 Classification standard of harm degree of harmful plants

有害生物类型	轻度(+)%	中度(++)%	重度(+++)%
侵害林地型	侵害林业用地0~5	侵害林业用地>5~20	侵害林业用地>20
攀援林木型	攀援率0~20 盖度0~20	攀援率>20~30 盖度>20~60	攀援率>30 盖度>60

受害株率统计方法:随机选取3个区域,每个区域选取30株寄主植物,统计发生害虫为害的植株数,用受害株数占实际调查株数的百分比表征受害株率,通过计算3个区域的平均受害株率来评价受害程度。

2 结果与分析

2.1 调查种类

本次调查种类包括植物病害、昆虫、有害植物及其他类别的有害生物,其中植物病害共计34种,昆虫244种,有害植物15种,其他类别的有害生物3种,详见附表1~3。深圳红树林分离出的植物病害种类最多,有15种,占总发现种数的44.12%;汕头和汕尾地区发现植物病害种类最少,有4种,占总发现种数的11.76%(图2)。湛江地区发现的昆虫种数最多,共计166种,占发现总数的68.00%;惠东地区最少,发现昆虫31种,占总发现种数的12.71%(图3)。珠海和中山发现的有害植物最多,共计12种,占总发现种数的80.00%;惠东地区最少,仅发现4种,占总发现种数的26.27%(图3)。3种其他类别的有害生物(藤壶、浒苔和团水虱)在湛江地区均有发现,在珠海和中山、广州南沙和汕头汕尾地区均未发现(图3)。

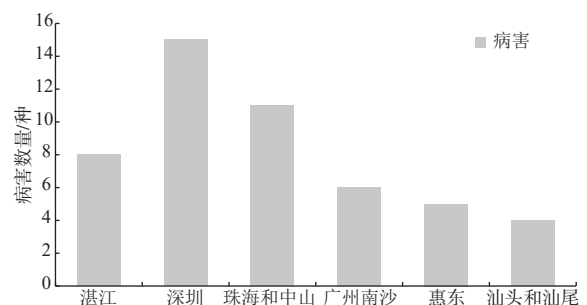


图2 广东省不同地区红树林病害数量

Fig.2 Number of mangrove diseases in different regions of Guangdong Province

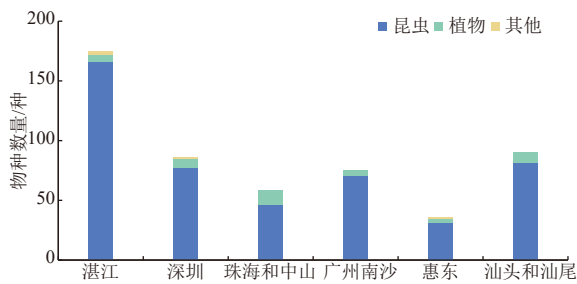


图 3 广东省不同地区红树林湿地物种数量

Fig.3 Number of species investigated in different mangrove regions of Guangdong Province

2.1.1 病害种类及危害

在广东省共鉴定出红树林病害 34 种 (附表 1), 以真菌病害为主, 其中叶部病害 24 种, 枝干和嫩梢病害 10 种。煤污病为害最为严重, 多种寄主植物均有发病。煤污病一般由刺盾蚧目 (Chaetothyriales)、煤炱属 (Capnodium)、小煤炱属 (Meliolales) 等真菌引起。

2.1.2 昆虫种类及危害

在广东省红树林湿地共调查昆虫 244 种 (附表 2), 隶属于 13 目 95 科 209 属, 其中鳞翅目昆虫 99 种, 占昆虫总数的 40.57%; 半翅目昆虫 54 种, 占总数的 22.13%; 鞘翅目 30 种, 占昆虫总数的 12.30%; 直翅目、膜翅目、蜻蜓目、双翅目、蜚蠊目、脉翅目、蛛蟊目、螳螂目、缨翅目和革翅目数量较少, 共计 61 种, 仅占昆虫总数的 25%, 其中蛛蟊目、螳螂目和缨翅目昆虫均为 2 种, 革翅目仅为 1 种 (图 4)。

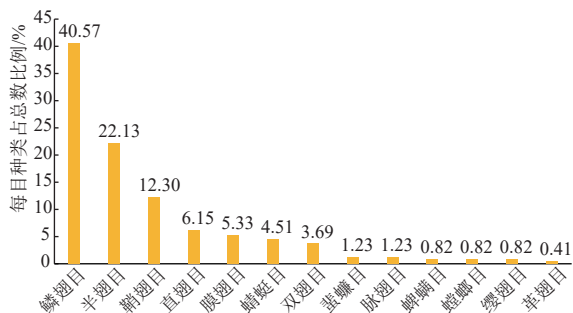


图 4 广东省红树林湿地不同目昆虫种类占比

Fig.4 Proportion of insect species belonging to different orders in mangrove wetlands of Guangdong Province

以红树植物为寄主的昆虫有 130 种, 根据取食部位统计, 取食叶片的昆虫种类最多, 共 80 种, 其中鳞翅目和鞘翅目害虫主要为害方式为啃食、卷叶、潜叶等; 以刺吸性口器取食植物枝叶的昆

虫 41 种; 钻蛀性昆虫 7 种; 地下昆虫 2 种。红树林为害部位主要为叶部, 其次是干 (枝、梢)、根部。斑点广翅蜡蝉 (*Ricania guttata*)、海榄雌瘤斑螟、柚木驼蛾和星天牛 (*Anoplophora chinensis*) 4 种害虫为害最为严重, 叶片受害率均大于 50%, 斑点广翅蜡蝉和柚木驼蛾的为害率达到了 60% 以上。膜翅目和鳞翅目多以幼虫为害, 半翅目、鞘翅目和直翅目为害虫态类型多, 幼虫 (若虫)、成虫 2 种虫态均可产生为害。

从分布地区看, 粤西地区 (湛江) 红树林昆虫种类最多, 其次是珠三角地区 (中山、珠海、广州、深圳、惠州), 粤东地区 (汕头) 相对最少, 3 个地区共有昆虫种类 30 种, 粤西地区红树林特有昆虫 45 种, 珠三角地区特有昆虫 49 种, 潮汕地区特有昆虫 15 种 (图 5)。

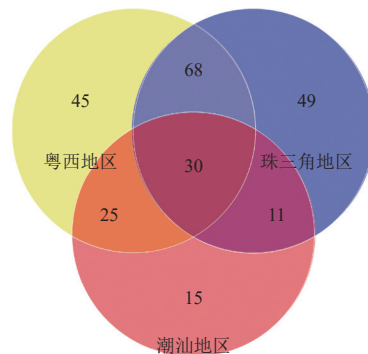


图 5 广东省不同地区红树林湿地昆虫物种数量韦恩图

Fig.5 Venn diagram of insect species quantity in mangrove wetlands of different regions in Guangdong Province

2.1.3 有害植物及其他

此次调查共发现有有害植物 15 种 (附表 3), 其中 14 种为攀援植物。互花米草入侵最为严重, 薇甘菊 (*Mikania micrantha*)、鱼藤 (*Derris trifoliata*)、马缨丹 (*Derris trifoliata*) 为中度为害, 三裂叶薯 (*Ipomoea triloba*)、五爪金龙 (*Ipomoea cairica*) 为轻度为害, 其他均为偶发。此外还发现 3 种对红树林造成严重为害的有害生物 (附表 4), 分别为团水虱 (*Sphaeroma* sp.)、浒苔 (*Enteromorpha* sp.) 和藤壶 (*Balanus* sp.)。

2.2 典型有害生物发生情况及为害特点

斑点广翅蜡蝉: 该虫在广东省红树林内发生较为普遍, 在调查区域内的秋茄、(小花) 老鼠簕 (*Acanthus ebracteatus*)、桐花树、无瓣海桑 (*Sonneratia apetala*)、海桑 (*Sonneratia caseolaris*)、

白骨壤、杨叶肖槿 (*Thespesia populnea*)、黄槿 (*Talipariti tiliaceum*)、海漆 (*Excoecaria agallocha*)、红海榄 (*Rhizophora stylosa*) 等多种植物上均有发现,发生时间为每年4—9月。发生严重的地区包括珠海、湛江和深圳,叶片受害率分别为62.00%、60.00%和59.00%。该虫有聚集性,植株嫩枝或叶片上常可见多只成虫、若虫个体。通过刺吸口器从汁液中吸取养分,导致植物营养缺乏,树木衰弱,它们的排泄物(蜜露)会引发白粉病、煤污病,降低光合作用。

黄槿瘦木虱 (*Mesohomotoma comphora*): 该虫在惠东、深圳福田、珠海等地红树林均有发现,发生时间为每年7月,主要为害杨叶肖槿,其中在惠东发生较为严重,叶片受害率可达35.49%。成虫和若虫有聚集能力并寄居在叶片背面以取食汁液,导致叶片萎蔫、落叶、枝干干枯;若虫的白色絮状蜡脂有利于霉菌生长和叶片变黑,严重影响植物生长发育,污染环境。

秋茄牡蛎盾蚧 (*Lepidosaphes pallidula*): 该虫主要发生在湛江、惠州及汕尾地区,在惠州地区红树林内该虫的叶片受害率达30.73%以上,主要寄生于秋茄和桐花树的叶和枝表面吸食汁液,引起被害植株叶片黄化、枯萎、凋落,严重时可导致幼树死亡。

紫藤雪盾蚧 (*Chionaspis wistariae*): 该虫在珠海、中山、广州南沙及惠州惠东红树林内大面积发生,尤其对苗圃为害较大。发生严重时会造成整片幼苗死亡。其中在惠州惠东及广州南沙的红树苗圃内,叶片受害率分别为59.00%和30.00%,幼苗死亡率可达45%以上。叶片侵染处出现黄色斑点,被白色的外壳覆盖,可导致大量叶片脱落,枝条和树干后枯萎,严重影响植物长势。

星天牛: 该虫在湛江、珠海、中山、广州南沙及汕头汕尾地区红树林内均有发现,主要发生在无瓣海桑、海桑、拉关木等植株较高的植物上。其中在珠海和中山红树林内发生比较严重,一般在潮水线以上为害,调查标准地内受害株率分别为96.67%和93.33%。雌虫在树皮表面刻一“T”型刻槽,将卵产于槽内,初孵幼虫取食卵槽处表皮,后驻入木质部,成虫以表皮为食,导致植株生长衰弱,降低植株强度,难以抵抗大风,尤其台风过后,可见大量树木折断枯死。

海榄雌瘤斑螟: 又名广州小斑螟,主要以幼虫

形态为害海榄雌,暂未发现其他寄主植物。所有调查区域内均发现该虫分布,其中湛江、汕尾地区发生比较严重,叶片受害率分别为85.22%和74.77%。幼虫沿着叶子边缘缀丝结网,然后藏于网内以叶子组织为食,严重者可造成植株成片枯死。幼虫多隐藏于叶片背面,因此增加了防治难度。

棉褐环野螟 (*Haritalodes derogata*): 又名棉大卷叶螟,在湛江高桥、广州南沙、深圳福田、惠州惠东等红树林区域均有发现。主要以幼虫形态为害锦葵科 (*Malvaceae*) 植物。在深圳福田红树林保护区内大面积为害杨叶肖槿、黄槿等,叶片受害率为14.92%。幼虫可缀合多个虫苞,从虫苞顶部往下取食,叶片中部以上处仅剩叶脉,受害严重时植株布满虫苞。

柚木驼蛾: 该虫于2021在湛江地区红树林内大爆发,大面积桐花、秋茄遭受危害,受害株率达52.22%。该虫寄主广泛,可取食45种寄主植物,在红树林内取食海榄雌属 (*Avicennia* sp.)、木榄属 (*Bruguiera* sp.) 和红树属 (*Rhizophora* sp.) 植物。幼虫吐丝将叶片紧密折叠,隐藏其中,昼夜取食,严重时将叶肉和叶脉全部吃掉,仅留几根主脉。

咖啡豹蠹蛾 (*Zeuzera coffeae*): 该虫在湛江、珠海、中山、深圳红树林内均有发现,每年3—5月为成虫羽化期,不仅为害无瓣海桑、海漆等植株高大的植物,也为害桐花树、秋茄等植株矮小的树木。以幼虫为害植物枝干,中山市秋茄和桐花树受害株率为12.22%。该虫导致受感染部位发黄和枯萎,在大风期间容易折断,严重影响植物生长和产量。

栗黄枯叶蛾 (*Trabala vishnou*): 该虫在湛江、深圳、珠海、中山等地为害红树林,危害期每年3—9月。该虫寄主广泛,能为害40多种植物,在红树林内主要为害无瓣海桑和海桑。在珠海淇澳岛调查发现该虫为害无瓣海桑十分严重,受害株率为21.11%。幼虫取食嫩叶,叶片出现孔洞或缺刻,严重的情况下可导致叶片完全脱落,使枝条枯萎或整枝枯死。

棉古毒蛾 (*Orgyia postica*): 该虫在湛江、珠海、中山、广州南沙以及汕头、汕尾地区均有发现,分布比较广泛,主要取食秋茄、无瓣海桑、白骨壤、桐花树和海桑。在珠海和汕尾城区红树林区域内,该虫为害无瓣海桑比较严重,两地叶片受害率分别为11.11%和10.00%。该虫以幼虫为害

植株的新梢嫩叶,大爆发时可将整株植物叶片吃光,严重影响植物生长。

桐花毛颚小卷蛾:该虫是桐花树的主要害虫,在湛江、广州南沙以及汕尾地区均有发现,在湛江地区危害比较严重,桐花树叶片受害率为 10.55%。幼虫吐丝将顶芽附近叶片黏结在一起,潜入其中取食顶芽及嫩叶,严重时可导致叶片脱落,严重影响树木长势。

煤污病:常在一些刺吸式害虫(蜡蝉、蚜虫等)为害后发生,为次生性病害,主要为害叶片、枝干。在多种红树植物上均发现有煤污病发生,包括桐花树、银叶树、海漆、红海榄、黄槿和无瓣海桑。在惠州和珠海,煤污病发生严重时叶片受害率分别达 65.68% 和 62.81%。发病时整个叶片甚至嫩枝上均可布满黑色菌斑,严重阻碍光合作用,导致枝叶枯黄,生长不良,影响植物健康。

互花米草:通过卫星影像判读及实地调查核实,2023 年广东省互花米草发生面积约为 1 267 hm²,其主要分布在湛江、阳江、珠海和汕头等地,呈现多点散发。发生严重地区互花米草侵占红树林面积可达 20% 以上。互花米草可迅速侵占滨海湿地生态位,导致物种单一化,严重影响本土植物生长,破坏底栖生物生境及生态平衡。

浒苔:在湛江地区浒苔发生情况比较严重,在沿岸大量堆积形成绿潮,为优势海藻,其聚集、分解过程会造成严重的次生为害,在腐烂过程中释放的大量营养物质又会被雨水重新带回海洋系统,造成循环污染。

3 讨 论

3.1 广东省红树林有害生物发生情况及危害特点

经过 3 年的针对红树林及湿地公园的系统调查,将受害程度为轻度以上的生物记录为有害生物,共记录到有害生物 34 种,其中植物病害 5 种,有害昆虫 21 种,有害植物 5 种,其他类型的有害生物 3 种。其中受害程度为轻度的有害生物有 13 种,中、重度为害的有害生物分别为 11 种和 10 种,重度为害的有害生物占 29.41%。煤污病、斑点广翅蜡蝉、海榄雌瘤斑螟、柚木驼蛾、星天牛、互花米草及浒苔为害最为严重,均为重度为害。真菌病害、鳞翅目害虫种类最多,为害部位和方式以食叶害虫为最多,但钻蛀性害虫造成的为害最为严重。此外,无花果蜡蚧为首次报道在红

树林内为害的种类。斑点广翅蜡蝉、煤污病、柚木驼蛾和海榄雌瘤斑螟为害范围较大,并且有进一步扩大的趋势,星天牛为害范围相对比较集中,扩散趋势不明显;互花米草及浒苔呈现多点散发,初步统计发生面积不大,但多地滨海地区均有发现,且由于其所处特殊生境为防治带来一定难度。

中国红树林病虫害研究始于 21 世纪初期,广西、福建、广东各省区陆续开展了红树林有害生物调查及防治技术研究。陈树誉^[21]对广西北海市红树林主要害虫发生情况进行了调查并提出了防治对策。韦江玲等^[22]调查了广西山口红树林保护区近 15 年主要害虫种类。黄金水等^[23]对东南沿海防护林主要病虫害进行综述并提出防治策略。广东省位于福建省和广西壮族自治区之间,其中广东湛江高桥镇紧邻广西山口红树林国家级自然保护区,据报道^[22],湛江高桥保护区红树林内海榄雌瘤斑螟(广州小斑螟)、三点广翅蜡蝉(*Ricania* sp.)、毛颚小卷蛾和柚木驼蛾 4 种害虫为害最为严重,本研究发现,广东高桥红树林保护区内这 4 种害虫为害也十分严重,并且在 2021 年柚木驼蛾危害大爆发。甄文全等^[24]调查了广西山口红树林保护区昆虫多样性,共鉴定出昆虫 451 种,隶属于 14 目 109 科 334 属。研究表明^[25],高桥保护区共有昆虫 127 种,隶属于 12 目 65 科 115 属。湛江高桥保护区与广西山口红树林保护区相邻,气候、水土条件相似,但数据差异较大,分析原因,本次调查着重针对高桥红树林保护区的旅游区内有害昆虫进行调查,调查面积较小,约 66.7 hm²,而在山口红树林保护区的调查涉及 12 个村,面积约 3 000 hm²^[24],因此物种数量差异较大。

3.2 防治建议

3.2.1 轻度为害有害生物防治策略

针对发生程度为轻度或者偶发的有害生物应加强监测,加强和规范国家级林业有害生物中心测报点建设和管理,建立全面、准确、快速、有效的森林监测体系。2018 年,国家林业和草原局印发了《国家级林业有害生物中心测报点管理规定》(林造发〔2018〕94 号)^[26],在全国建立了 1 000 个林业有害生物中心测报点。20 世纪 50 年代中期,中国开始开展林业有害生物的预测预报研究,随着生态文明建设的不断发展,传统的地面监测调查手段工作效率低,已经不能满足中国林业有害生物预测预报需求^[27]。遥感(RS)、地理信息系统

(GIS) 和全球定位系统 (GPS) 相结合的 3S 技术具有高效率、高质量、低成本等优势, 可以实时监测林业病虫害, 已被广泛应用于林业资源调查工作中^[28]。遥感技术于 20 世纪 60 年代兴起, 从卫星、无人机或其他飞行器上收集目标区域的电磁信号并进行识别, 可感知获取林业有害生物各类靶标特征^[29-30], 实时监测生物种类、踪迹及活动状态, 结合地面调查结果, 快速准确地识别和监测林业有害生物危害发生情况^[31-34]。目前已应用遥感技术在山东^[35]、江西^[36-37]、重庆^[38]等地对松材线虫病进行监测。此外, 松毛虫 (*Dendrolimus* sp.)^[39-40]、薇甘菊^[41-43]、凤眼莲 (*Eichhornia crassipes*)^[44]、刚竹毒蛾^[45-46]、尺蠖^[47-48]等多种病虫害也有遥感监测方面的相关报道。研究人员基于 GIS 技术对澳洲蝗 (*Chortoicetes terminifera*)^[49]、二化螟 (*Chilo suppressalis*)^[50]、椰心叶甲 (*Brontispa longissima*)^[51]、松材线虫^[52]及松毛虫^[53]进行了监测预警分析, 将林业资源信息、病虫害信息以及环境信息进行综合处理分析, 使监测预警具有更强的时效性。全球定位系统是以卫星为介质实现时间和距离的测量, 应用 GPS 手持设备在数字化地图的基础上, 进行精确的空间定位, 通过可视化界面记录野外调查数据并将其直接输入系统, 显著减少了林业病虫害调查监测的工作量, 提高了工作效率^[54]。陈燕丽等^[55]基于卫星遥感技术对广西北仑河口红树林进行红树林病虫害评估, 构建了具有良好精度的红树林虫害识别决策树模型。

3.2.2 中、重度为害有害生物防治策略

针对每年为中国林业建设带来巨大损失的有害生物灾害, 必须及时提出有针对性的防治措施, 建立全面、准确、快速、有效的林业有害生物监测预警信息管理系统^[56]。近年来, 由于全球气候变化异常, 有害生物的种群数量和发生范围呈现逐年扩大趋势^[57], 但由于红树林所处位置的特殊性, 绿色防控技术应作为首选的有害生物防治手段, 如生物防治、物理防治应为研究的重点。

针对海榄雌瘤斑螟、柚木驼蛾等鳞翅目害虫, 在进行日常监测的同时还需关注气象条件, 气象条件显著影响森林病虫害的分布与扩散, 是影响病虫害发生发展的重要因素。气流因素影响昆虫的飞翔和迁移^[58]; 温度、湿度影响昆虫及病原菌的生长、发育和存活, 温度升高会造成害虫发生期提前, 世代数量增加; 低温则会破坏虫体细胞, 尤其

是极端低温会对害虫虫体细胞和组织造成不可逆的伤害^[59]。虫害发生前的气象条件还会影响下一年有害生物的发生, 产生“滞后效应”^[60]。广州小斑螟的发生与温度、降水、湿度密切相关^[61-62], 虫口密度与风向及海水的涨落相关^[63]。柚木驼蛾种群数量则与降雨、温湿度、日照等多个因子相关^[62-63]。根据在湛江高桥红树林长期监测, 海榄雌瘤斑螟在每年 5 月上旬和 7 月上旬有 2 次爆发高峰期, 在 3 月中下旬对越冬代和第 1 代成虫进行数量及天敌调查, 因此, 应在 4 月的防治关键窗口期进行防治, 此时虫龄低、虫态整齐, 采用快速高效的防治技术可以达到事半功倍的效果。虽然 6 月份也处于窗口期, 但 6 月份以后天敌种类多, 数量大, 因此不建议采用化学防治等影响生态的防治手段, 可以适当采用物理防治或生物防治手段进行, 如使用白僵菌^[64]、绿僵菌^[6]、苏云金杆菌^[18,65]等昆虫病原菌等。

星天牛、木蠹蛾等钻蛀性害虫的防治一直是林业害虫防治的一个难点。由于这类害虫大部分生活史是在寄主植物树干内部完成的, 防治难度比较大, 同时考虑其所处的生态位置, 首选防治方法还应以生物防治为主。林间释放花绒寄甲^[66]、肿腿蜂^[67]和赤眼蜂^[68-69]等天敌, 可显著降低害虫虫口数量, 达到防治效果, 今后的研究可以重点关注天敌资源的开发和利用, 探索天敌昆虫室内繁育技术及投放技术。无人机具有灵活性好, 精度高, 操作便捷等特点, 将其应用于天敌昆虫的投放可以很好地解决红树林林下难以进入的问题, 显著提高工作效率^[68]。对于突发性生物灾害, 如果虫口数量短时间内激增, 采用生物防治难以在短期内达到有效控制的目的, 则需采取化学防治手段迅速降低虫口数量, 控制灾害继续扩散。在采取化学防治的同时要注意选择药剂的种类及用量, 尽量选取对水生生物安全的、高效低毒高渗透性的化学药剂进行防治^[70-71]。本研究发现, 在珠海、中山地区, 每年 4—5 月是星天牛成虫高峰期, 因此 4 月底至 5 月初是最佳防治时期, 在这一时期进行有效防治可以成功控制林间虫口数量。此外, 本研究发现部分有害昆虫例如星天牛成虫羽化后喜欢取食苦楝树 (*Melia azedarach*) 树皮, 因此可以在靠近红树林附近的岸堤或湿地公园种植苦楝作为诱木, 在成虫取食期间在苦楝上喷施具有胃毒作用的化学药剂, 从而减少成虫数量。

互花米草是对红树林危害较大的一类外来入侵物种,多生长在沿海滩涂地区,每日涨潮、退潮会造成防治药剂大量流失,造成药量减少,除草药剂效降低,因此成为其难以根除的重要原因。另外,未被互花米草吸收的除草剂易被海水带走,为水生生物及其他植物带来一定风险。因此,对于互花米草的防治还应选择物理防治、生物替代防治、生物防治等技术。目前广东省互花米草呈点状分布,面积较小,主要分布在自然保护地等重要生态区,需根据为害程度、扩张现状分区治理。对于湛江、阳江等互花米草发生面积相对较大的区域应尽早开展互花米草治理工作,及时清除区域内的互花米草。对于其他区域则需持续开展监测,根据互花米草扩散动态及生态影响判定是否需要开展除治,如有迅速扩散的风险,应采取快速除治方法彻底清除。2023年,我们在湛江市经济开发区内进行互花米草防治,防治面积 50 hm²,主要采取了刈割+翻耕+覆膜的物理防治技术,防治效果较好(未发表)。在珠海淇澳岛采取植被替代及刈割、翻耕技术进行防治,取得了良好效果,互花米草覆盖面积最高达 260 hm²[72],经过多年的防治,现仅有 2 hm²用于试验。另外在调查过程中发现,有些地方的村民不了解互花米草属于外来入侵物种,自己主动种植,因此对于此类外来入侵有害生物还需要进一步加大宣传力度,同时加强检验检疫及监测。造林过程中加强病虫害的检验检疫可以有效降低有害生物入侵风险[73],地区、国际间的交流日益频繁,加剧了有害生物的传播,外来入侵物种每年都为中国带来严重的经济损失。因此,必须加强检验检疫及有害生物的宣传,增强群众对有害生物的认识和辨认。

本次调查红树林病害主要是真菌病害,为害部位以叶片为主,枝干、根部较少,并未发现对红树林造成较大危害的病害,但煤污病、褐斑病发生比较普遍,尤其是煤污病,寄主植物较多,发生范围较广。由于湿地生态系统较为脆弱,红树林病害的化学防治研究及应用报道极少,但合理利用化学防治技术,可降低海岸滩涂、海产养殖区的红树林苗圃及新造红树林林地病害的为害程度,有效提高红树林植物的成活率并改善其健康状况。在综合考虑病害分布区、为害程度和范围的同时应考虑经济为害允许水平,做到“适地、适时、适量”应用化学药剂防治病害。煤污病的发生,以预

防介壳虫、蚜虫、粉虱等刺吸式昆虫的为害为主,同时利用啞霉胺、霉腐利、甲基硫菌灵等药剂交替喷雾防止病原菌繁殖扩散。此外,植物病原菌的拮抗菌[74-75]等也可以用于红树林病害的防治。在苗木萌芽前,可提前喷施波尔多液、石硫合剂、百菌清等常见的保护型杀菌剂,在苗木生长期病害发生高峰前,使用广谱性杀菌剂控制病害的发生。在造林过程中应注意加强苗圃病害检疫,营建以混交林为主的红树林,提高造林初期抚育管理技术以减少病害的发生。

4 结 论

2021—2023年,共调查到昆虫 244 种,病害 34 种,有害植物 15 种及其他类型有害生物 3 种。为害程度为轻度以上的有害生物 34 种,其中植物病害 5 种,有害昆虫 21 种,有害植物 5 种,其他类型的有害生物 3 种,重度为害占有害生物的 29.41%。煤污病、斑点广翅蜡蝉、海榄雌瘤斑螟、柚木驼蛾、星天牛、互花米草及浒苔为害最为严重。食叶害虫叶片为害率达 60% 以上,钻蛀性害虫在发生严重区域为害率可达 90% 以上;互花米草、薇甘菊等外来植物呈现多点散发,具有扩散风险;藤壶、浒苔等污损生物也对红树林生态系统具有潜在威胁。对于红树林有害生物防治要坚持“预防为主、防治结合、群防群治”工作原则,加强检疫,长期监测,建立以绿色防控为主的综合防控技术。首先要实施精准监测,严格检验检疫。建立全面、准确、快速、有效的林业有害生物监测预警信息管理系统,建立预测预报点,严密监测有害生物发生动态,准确提供有害生物发生信息。其次,针对有害生物种类及发生情况对防治技术方案进行规划,以物理防治、生物防治及人工防治为主进行日常维护和管理,以化学防治手段应对有害生物大爆发,实现可持续治理。最后,充分利用各种媒体及技术手段加强有害生物的宣传,广泛宣传林业有害生物防控相关政策文件,普及林业有害生物识别和科学防控基本知识,提升广大群众林业有害生物防控意识。

附录

附表 1 广东省红树林病害名录

Attached table 1 List of diseases in mangrove wetlands of Guangdong Province

附表 2 广东省红树林昆虫名录

Attached table 2 List of pests in mangrove wetlands of Guangdong Province

附表 3 广东省红树林有害植物名录

Attached table 3 List of harmful plants in mangrove wetlands of Guangdong Province

附表 4 广东省红树林其他有害生物名录

Attached table 4 List of other harmful organisms in mangrove wetlands of Guangdong Province

下载网址: <http://wetlands.neigae.ac.cn>

参考文献

- [1]Howard J, Sutton-Grier A, Herr D, et al. Clarifying the role of coastal and marine systems in climate mitigation[J]. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2017, 15(1): 42-50.
- [2]Friess D A. Mangrove mapping has gone mainstream[J]. *Science Bulletin*, 2023, 68: 2145-2147.
- [3]Friess D A, Rogers K, Lovelock C E, et al. The state of the world's mangrove forests- past, present and future[J]. *Annual Review of Environment and Resources*, 2019, 44: 89-115.
- [4]Goldberg L, Lagomasino D, Thomas N, et al. Global declines in human-driven mangrove loss[J]. *Global Change Biology*, 2020, 26(10): 5844-5855.
- [5]梁燕红, 梁志清, 黄琦, 等. C4.5 算法在广州小斑螟发生与气候因素分析中的应用: 以山口国家红树林生态自然保护区为例[J]. *中国森林病虫*, 2019, 38(1): 34-37. [Liang H Y, Liang Z Q, Huang Q, et al. Application of C 4.5 algorithm in analysis of *Oligochroa Cantonella*'s occurrence and climatic factors-taking Guangxi Shankou National Mangrove Nature Protection Area for example. *Forest Pest and Disease*, 2019, 38(1): 34-37.]
- [6]陈文玉. 5 个真菌菌株对桐花树毛蛾小卷蛾幼虫的生防试验[J]. *生物灾害科学*, 2022, 45(3): 330-334. [Chen W Y. Biocontrol experiments of 5 fungus strains against larvae of *Lasiognatha cellifera*. *Biological Disaster Science*, 2022, 45(3): 330-334.]
- [7]胡荣, 陈河, 杨克学, 等. 中国红树林新害虫柚木驼蛾的研究进展[J]. *中国森林病虫*, 2016, 35(5): 34-37,20. [Hu R, Chen H, Yang K X, et al. Review of a new pest, *Hyblaea puera* (Cramer), in mangrove forest in China. *Forest Pest and Disease*, 2016, 35(5): 34-37,20.]
- [8]李德伟, 吴耀军, 罗基同, 等. 广西北部湾桐花树毛蛾小卷蛾生物学特性及防治[J]. *中国森林病虫*, 2010, 29(2): 11, 12-14. [Li D W, Wu Y J, Luo J T, et al. Bionomics and control of *Lasiognatha cellifera* in Beibu Gulf of Guangxi. *Forest Pest and Disease*, 2010, 29(2): 12-14, 11.]
- [9]Mehlig U, de Menezes M P M. Mass defoliation of the mangrovetree *Avicennia genminans* by the moth *Hyblaea puera* (Lepidoptera: Hyblaeidae) inequatorial Brazil[J]. *Ecotropica*. 2005 (11): 87-88.
- [10]郑志翰, 彭建, 杨盛昌. 绿颖矿物油及其复配剂对红树林考氏白盾蚧的防治试验[J]. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2021, 60(5): 955-960. [Zheng Z H, Peng J, Yang S C. Control test of *Pseudaulacaspis cockerelli* in mangrove based on SK EnSpray 99 and its compatibility agent. *Journal of Xiamen University(Natural Science)*, 2021, 60(5): 955-960.]
- [11]仇建标, 方晓琪, 陈继浓, 等. 浙江红树林介壳虫的发生及防治[J]. *现代农业科技*, 2021(6): 116-117,121. [Qiu J B, Fang X Q, Chen J N, et al. Occurrence and control of *Ricabia speculum* in mangrove in Zhe Jiang. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2021(6): 116-117,121.]
- [12]王胜坤, 黄华毅, 李琨渊, 等. 中国红树林一种新害虫: 秋茄盾蚧蚧 [J]. *中国森林病虫*, 2021, 40(1): 28-31. [Wang S Q, Huang H Y, Li K Y, et al. A new pest in mangrove swamp of China, *Lepidosaphes pallidula*. *Forest Pest and Disease*, 2021, 40(1): 28-31.]
- [13]周志权, 黄泽余. 广西红树林的病原真菌及其生态学特点[J]. *广西植物*, 2001, 21(2): 157-162. [Zhou Z Q, Huang Z Y. Study on the species and ecological character of mangrove pathogenic fungi in Guangxi. *Guihaia*, 2001, 21(2): 157-162.]
- [14]Wier A M, Tattar T A. Disease of red mangrove *Rhizophora mangle* in southwest Puerto Rico caused by *Cytospora*[J]. *Biotropica*, 2000, 32(2): 299-306.
- [15]Kathiresan K. A review of studies on Pichavaram mangrove, south-east India[J]. *Hydrobiologia*, 2000, 430(1-3): 185-205.
- [16]张彤, 凌娟, 岳维忠, 等. 基于 CiteSpace 的广东省典型蓝碳生态系统碳汇研究进展的可视化分析[J]. *热带海洋学报*, 2024, 43(5): 58-68. [Zhang Y, Ling J, Yue W Z, et al. Cite Space-based visualization analysis of carbon sink research progress in typical blue carbon ecosystems of Guangdong Province. *Journal of Tropical Oceanography*, 2024, 43(5): 58-68.]
- [17]徐华林, 刘赞锋, 包强, 等. 八点广翅蜡蝉对深圳福田红树林的危害及防治[J]. *广东林业科技*, 2013, 29(5): 26-30. [Xu H L, Liu Z F, Bao Q, et al. Damage and control of *Ricabia speculum* in mangrove in Futian, Shenzhen. *Guangdong Forestry Science and Technology*, 2013, 29(5): 26-30.]
- [18]戴建青, 李军, 李志刚, 等. 红树林害虫海棉雌瘤瘿螟防控技术研究 [J]. *广东农业科学*, 2011, 38(13): 65-67. [Dai J Q, Li J, Li Z G, et al. Biological control measures for insect pests *Acrobasis sp* of mangrove. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2011, 38(13): 65-67.]
- [19]国家林业局. 林业主要有害生物调查总则: LY/T 2011-2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012. [State Environmental Protection Administration. General principles of investigates on main forestry pest: LY/T 2011-2012. Beijing: Standards Press of China, 2012.]
- [20]国家林业局. 林业有害生物发生及成灾标准: LY/T1681-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012. [State Environmental Protection Administration. Standard of forest pests occurrence and disaster: LY/T 1681-2006. Beijing: Standards Press of China, 2006.]
- [21]陈树誉. 北海市红树林主要害虫近年发生情况及防治对策[J]. *农业研究与应用*, 2022, 35(6): 60-64. [Chen S Y. Occurrence and control measures of major mangrove pests in Beihai in recent years. *Agricultural Research and Application*, 2022, 35(6): 60-64.]
- [22]韦江玲, 刘文爱, 黄琦, 等. 广西山口红树林保护区近 15 a 主要虫害调查[J]. *福建林业科技*. 2019, 46(4): 66-69. [Wei J L, Liu W A, Huang Q, et al. Investigation of main insect pests in Shankou national mangrove reserve of Guangxi in recent 15 Years. *Journal of Fujian Forestry Science and Technology*, 2019, 46(4): 66-69.]
- [23]黄金水, 蔡守平, 何学友, 等. 东南沿海防护林主要病虫害发生现状与防治策略[J]. *福建林业科技*, 2012, 39(1): 165-170. [Huang J S, Cai S P, He X Y, et al. Advance in occurrence present and control methods of major pest in coastal protection forest on the coast of southeast China. *Journal of Fujian Forestry Science and Technology*, 2012, 39(1): 165-170.]

- [24]甄文全, 薛云红, 刘文爱, 等. 广西山口红树林保护区昆虫调查[J]. *广西科学*, 2019, 26(4): 430-443. [Zhen W Q, Xue Y H, Liu W A, et al. Insects background survey of Shankou national reserve of mangrove. *Guangxi Sciences*, 2019, 26(4): 430-443.]
- [25]刘春燕, 徐金柱, 李亭瀚, 等. 广东湛江红树林国家级自然保护区昆虫多样性研究[J]. *林业与环境科学*, 2022, 38(5): 166-175. [Liu C Y, Xu J Z, Li T L, et al. Investigate of insect diversity of Guangdong Zhanjiang mangrove national nature reserve. *Guangdong Forestry Science and Technology*, 2022, 38(5): 166-175.]
- [26]李春干, 谭必增. 基于“3S”的红树林资源调查方法研究[J]. *自然资源学报*, 2003, 18(02): 215-221. [Li C G, Tan Z. Studies on the methods of mangrove inventory based on RS, GPS and GIS. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(02): 215-221.]
- [27]贺春玲, 周汝良. “3S”技术在林业有害生物测报中的应用及展望[J]. *内蒙古林业调查设计*, 2010, 33(1): 98-101. [He C L, Zhou R L. Application and prospects of 3S technology on monitoring and forecasting of forestry pest. *Inner Mongolia Forestry Investigation and Design*, 2010, 33(1): 98-101.]
- [28]郑加强, 徐幼林, 张慧春, 等. 国内外林业有害生物防治靶标识别技术的研究与展望[J]. *林业科学*, 2023, 59(3): 152-166. [Zheng J Q, Xu Y L, Zhang H C, et al. Advances and prospects of target recognition techniques for forest pest control at home and abroad. *Scientia Silvae Sinicae*, 2023, 59(3): 152-166.]
- [29]麻磊, 黄晓君, Dashzebegd Ganbat, 等. 不同遥感传感器监测森林虫害研究进展与展望[J]. *中国农学通报*, 2022, 38(26): 91-99. [Ma L, Huang X J, Dashzebegd G, et al. Monitoring forest insect pests by different remote sensing sensors: research progress and prospect. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2022, 38(26): 91-99.]
- [30]国家林业和草原局. 关于印发《国家级林业有害生物中心测报点管理规定》的通知[EB/OL]. (2018-9-13)[2021-1-11]. <https://www.forestry.gov.cn/c/www/gkzfwj/271682.jhtml>. [National Forestry and Grassland Administration. Notice on the issuance of “Management Regulations for Monitoring and Reporting Points of National Forestry Pest Control Centers”. <https://www.forestry.gov.cn/c/www/gkzfwj/271682.jhtml>.]
- [31]罗先轶, 张永光. 基于多源遥感数据的森林虫害监测及驱动力分析[J]. *航天返回与遥感*, 2022, 43(6): 129-140. [Luo X T, Zhang Y G. Monitoring forest pests and its driving factors based on multi-source remote sensing data. *Spacecraft Recovery and Remote Sensing*, 2022, 43(6): 129-140.]
- [32]李卫斌, 安炳贞, 孔玉辉, 等. 基于无人机遥感影像的松材线虫病监测方法概述[J]. *林业工程学报*, 2023, 8(2): 21-29. [Li W B, An B Z, Kong Y H, et al. A review of monitoring methods for pine wilt disease based on UAV remote sensing images. *Journal of Forestry Engineering*, 2023, 8(2): 21-29.]
- [33]张晓东, 杨皓博, 蔡佩华, 等. 松材线虫病遥感监测研究进展及方法述评[J]. *农业工程学报*, 2022, 38(18): 184-194. [Zhang X D, Yang H B, Cai P H, et al. Research progress on remote sensing monitoring of pine wilt disease. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2022, 38(18): 184-194.]
- [34]陶欢, 李存军, 程成, 等. 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. [Tao H, Li C J, Cheng C, et al. Progress in remote sensing monitoring for pine wilt disease induced tree mortality: a review. *Forest Research*, 2020, 33(3): 172-183.]
- [35]周小杰, 任广波, 陈宗强, 等. 基于无人机多光谱遥感技术监测松材线虫病的实验研究[J]. *测绘与空间地理信息*, 2023, 46(3): 106-109,113. [Zhou X J, Ren G B, Cheng Z Q, et al. Experimental study on monitoring pine wood nematode disease based on UAV multi-spectral remote sensing technology. *Geomatics and Spatial Information Technology*, 2023, 46(3): 106-109,113.]
- [36]袁佳玉, 熊立, 吴志伟, 等. 江西省赣州市南康区松材线虫病发生特征[J]. *应用生态学报*, 2024, 35(2): 507-515. [Yuan J Y, Xiong L, Wu Z W, et al. Characteristics of pine wood nematode disease in Nankang district, Ganzhou, Jiangxi Province, China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2024, 35(2): 507-515.]
- [37]时启龙, 黄石明, 张明霞, 等. 基于无人机遥感和深度学习的松材线虫病疫木自动提取方法研究[J]. *西部林业科学*, 2022, 51(5): 28-33. [Shi Q L, Huang S M, Zhang M X, et al. Automatic extraction method of pine woods nematode infected wood based on unmanned aerial vehicle remote sensing and deep learning. *Journal of West China Forestry Science*, 2022, 51(5): 28-33.]
- [38]武红耿, 牟晓伟, 杨清钰, 等. 无人机遥感技术在重庆市沙坪坝区松材线虫病监测中的应用[J]. *林业资源管理*, 2019(2): 109-115. [Wu H G, Mou X W, Yang Q Y, et al. Remote sensing monitoring technology of pine wood nematode disease by unmanned aerial vehicle in Shapingba, Chongqing. *Forest Resources Management*, 2019(2): 109-115.]
- [39]王明常, 丁文, 赵竞争, 等. 基于知识图谱与随机森林的落叶松虫害遥感识别[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2023, 53(6): 2006-2017. [Wang M C, Ding Q, Zhao J Z, et al. Remote sensing identification of *Dendrolimus Superans* infestation based on knowledge graph and random forest. *Journal of Jilin University(Earth Science Edition)*, 2023, 53(6): 2006-2017.]
- [40]杨乐, 黄晓君, 包玉海, 等. 无人机航拍对落叶松毛虫害遥感监测精度的影响[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2023, 47(4): 13-22. [Yang L, Huang X J, Bao Y H, et al. Effects of UAV flight altitude on the accuracy of monitoring *Dendrolimus superans* pests by remote sensing. *Journal of Nanjing Forestry University(Natural Science Edition)*, 2023, 47(4): 13-22.]
- [41]刘彦君, 张贵, 王潇, 等. 基于无人机高光光谱影像波段选择的薇甘菊分类[J]. *测绘通报*, 2020(4): 34-39,52. [Liu Y J, Zhang G, Wang X, et al. Classification study of *Mikania micrantha* kunth from UAV hyperspectral image band selection. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2020(4): 34-39,52.]
- [42]亢兴兰, 曹祖宁, 刘健, 等. 基于卫星遥感影像的森林病虫害监测研究进展[J]. *林业资源管理*, 2020(2): 181-186. [Qi X L, Cao Z N, Liu J, et al. Research progress in the monitoring of forest diseases, insect and pests based on satellite remote sensing images. *Forest Resources Management*, 2020(2): 181-186.]
- [43]孙中宇, 荆文龙, 乔曦, 等. 基于无人机遥感的盛花期薇甘菊爆发点识别与监测[J]. *热带地理*, 2019, 39(4): 482-491. [Sun Z Y, Jing W L, Qiao X, et al. Identification and monitoring of blooming *Mikania micrantha* out break points based on UAV remote sensing. *Tropical Geography*, 2019, 39(4): 482-491.]
- [44]李淑贞, 徐大伟, 陈宝瑞, 等. 外来入侵植物凤眼莲遥感监测方法研究[J]. *生物安全学报*, 2023, 32(1): 85-91. [Li S Z, Xu D W, Chen B R, et al. Research on remote sensing monitoring methods of alien invasive plant *Eichhornia crassipes*. *Journal of Biosafety*, 2023, 32(1): 85-91.]
- [45]郑蓓蓓, 陈芸芝, 李凯, 等. 高光谱数据的刚竹毒蛾虫害程度检测[J]. *光谱学与光谱分析*, 2021, 41(10): 3200-3207. [Zheng P Y, Chen

- Y Z, Li K, et al. Detection of pest degree of *Phyllostachys Chinese* with hyperspectral data. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2021, 41(10): 3200-3207.]
- [46]黄旭影, 许章华, 林璐, 等. 刚竹毒蛾危害下的毛竹叶片光谱特征波长研究[J]. *光谱学与光谱分析*, 2018, 38(12): 3829-3838. [Huang X Y, Xu Z H, Li L, et al. Spectral characteristic wavelengths of moso bamboo leaves damaged by *Pantana phyllostachysae* Chao. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2018, 38(12): 3829-3838.]
- [47]黄晓君, 颜耀文, 包玉海, 等. 微分光谱连续小波系数估测雅氏落叶松尺蠖危害下的落叶松失叶率[J]. *光谱学与光谱分析*, 2019, 39(9): 2732-2738. [Huang X J, Xie Y W, Bao Y H, et al. Estimation of leaf loss rate in larch infested with *Erannis Jacobsoni* Djak based on differential spectral continuous wavelet coefficient. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2019, 39(9): 2732-2738.]
- [48]陈孟禹, 贾翔, 陈蜀江, 等. 叶尔羌河流域胡杨春尺蠖发生期遥感预测[J]. *生态科学*, 2020, 39(2): 145-156. [Chen M Y, Jia X, Chen S J, et al. The prediction of the occurrence period of *Populus euphratica Apocheima cinerius Erschoff* in the Yarkant river basin based on remote sensing. *Ecological Science*, 2020, 39(2): 145-156.]
- [49]Deveson T, Hunter D. The operation of a GIS- based decision support system for Australian locust management[J]. *Insect science*, 2002, 9(4): 1-12.
- [50]Cammell M E, Knight J D. Effects of climatic change on the population dynamics of crop pest[M]//Begon M, Fitter A H, Macfadyen A. *Advances in Ecological Research*. Academic Press, 1992: 22, 117-162.
- [51]彭正强, 程立生, 鞠瑞亭, 等. 椰心叶甲在中国的适生性分布[J]. *热带作物学报*, 2006, 27(1): 80-83. [Peng Z Q, Chen L S, Ju R T, et al. Adaptive distribution of *Brontispa longissima* (Gestro) in China. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2006, 27(1): 80-83.]
- [52]张志诚, 孙江华, 黄保续, 等. 基于 GIS 的松树萎蔫病发生格局研究[J]. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2006, 32(5): 551-556. [Zhang Z C, Sun J H, Huang B X, et al. Study of the pine wilt disease occurrence and its range expansion pattern based on GIS. *Journal of Zhejiang University(Agriculture and Life Sciences)*, 2006, 32(5): 551-556.]
- [53]武红智, 陈改英. 基于 GIS 的马尾松毛虫灾害空间扩散规律分析[J]. *遥感学报*, 2004, 8(5): 475-480. [Wu H Z, Chen G Y. Research on development rules of forest hazard caused by mason pine caterpillars based on GIS. *Journal of Remote Sensing*, 2004, 8(5): 475-480.]
- [54]严合章, 唐志强, 王宇, 等. 林业有害生物地面监测及相关信息采集与传输平台研究[J]. *西南大学学报(自然科学版)*. 2017, 39(1): 30-35. [Yan Z H, Tang Z Q, Wang Y, et al. Development of a platform for ground monitoring of forestry pests and the collection and transmission of related information. *Journal of Southwest University(Natural Science Edition)*, 2017, 39(1): 30-35.]
- [55]陈燕丽, 孙明, 陈诚, 等. 基于 GF1 卫星的红树林病虫害遥感识别[J]. *科学技术与工程*, 2023, 23(34): 14682-14690. [Chen Y L, Sun M, Chen C, et al. Mangrove pests recognition based on GF1 satellite data. *Science Technology and Engineering*, 2023, 23(34): 14682-14690.]
- [56]王泽军. 我国林业有害生物监测预报体系建设探析[J]. *林业勘察设计*, 2019, 190(2): 74-76. [Wang Z J. Construction of forestry pest monitoring and forecasting system in China. *Forest Investigation Design*, 2019, 190(2): 74-76.]
- [57]邹全程, 闫平, 徐健楠, 等. 塞罕坝地区森林虫害暴发历史及其与气候因子的关系[J]. *东北林业大学学报*, 2020, 48(7): 114-119. [Zou Q C, Yan P, Xu J N, et al. Relationship between forest pest infestation history and climatic factors in Saihanba Area. *Journal of Northeast Forestry University*, 2020, 48(7): 114-119.]
- [58]查绪栋, 于冰洁, 汪姝玥, 等. 中哈边境迁飞蝗虫降落的天气过程分析-以 1999 年塔城地区为例[J]. *植物保护学报*, 2021, 48(1): 221-227. [Zha X D, Yu B J, Wang S Y, et al. Analysis of the weather process in the landing of migratory locusts in China-Kazakhstan border areas: a case study for Tacheng in 1999. *Journal of Plant Protection*, 2021, 48(1): 221-227.]
- [59]于跃, 房磊, 万国飞, 等. 气象因子对落叶松毛虫种群数量的影响[J]. *应用生态学报*, 2016, 27(9): 2839-2847. [Yu Y, Fang L, Fang G F, et al. Influences of meteorological factors on larch caterpillar population. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2016, 27(9): 2839-2847.]
- [60]邓晨晖, 白红英, 高山, 等. 1964—2015 年气候因子对秦岭地区植物物候的综合影响效应[J]. *地理学报*, 2018, 73(5): 917-931. [Deng C H, Bai H Y, Gao S, et al. Comprehensive effect of climatic factors on plant phenology in Qinling Mountains region during 1964-2015. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(5): 917-931.]
- [61]黄滢, 陈燕丽, 莫伟华, 等. 基于数据关联分析的红树林虫害与气象条件关系研究[J]. *气象研究与应用*, 2022, 43(4): 20-25. [Huang Y, Chen Y L, Mo W H, et al. Data association analysis to the relationship between mangrove pests and meteorological conditions. *Journal of Meteorological Research and Application*, 2022, 43(4): 20-25.]
- [62]张悦, 陈燕丽, 黄滢, 等. 防城港 2 种红树林虫害与气象条件的关系[J]. *热带生物学报*, 2022, 13(6): 634-643. [Zhang Y, Chen Y L, Huang Y, et al. Relationship between the occurrence of two typical insect pests in mangroves and the climate factors in Fangchenggang, Guangxi. *Journal of Tropical Biology*, 2022, 13(6): 634-643.]
- [63]刘文爱, 范航清. 广州小斑螟发生与环境因子的关系[J]. *生态学报*, 2011, 31(23): 7320-7323. [Liu W A, Fan H Q. The relationship between *Oligochroa cantonella* Caradja and environmental factors. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(23): 7320-7323.]
- [64]徐金柱, 樊美珍, 李增智. 放菌方式对白僵菌防治光肩星天牛效果的影响[J]. *中国生物防治*, 2003, 19(1): 27-30. [Xu J Z, Fan M Z, Li Z Z. Comparative studies on different ways for releasing *Beauveria brongniartii* against asian longicorn beetles. *Chinese Journal of Biological Control*, 2003, 19(1): 27-30.]
- [65]李罡, 管启杰, 赵淑玲, 等. 海榄雌瘤斑螟的生物学特性及 Bt 对其幼虫的毒力和防效[J]. *应用与环境生物学报*, 2007, 13(01): 50-54. [Li G, Zan Q J, Zhao S L, et al. Biological characters of *Ptyomaxia sp* and the toxicity and effectiveness of *Bacillus thuringiensis* against its larvae. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 2007, 13(01): 50-54.]
- [66]闫闯, 陈元生, 罗致迪, 等. 花绒寄甲对垂柳主要天牛防效的评价[J]. *中国植保导刊*, 2023, 43(11): 53-59. [Yan C, Chen Y S, Luo Z D, et al. Evaluation of the control effect of releasing *Dastarcus helophoroides* against longicorn beetles in *Salix babylonica*. *China Plant Protection*, 2023, 43(11): 53-59.]
- [67]康念琼, 赵文龙, 张心和, 等. 白蜡吉丁肿腿蜂在光肩星天牛防治中的应用[J]. *防护林科技*, 2022(6): 51-53. [Kang N C, Zhao W L, Zhang X H, et al. Application of *Sclerodermus pupariae* in the control of *Anoplophora glabripennis*. *Protection Forest Science and Technology*, 2022(6): 51-53.]
- [68]罗辑, 常明山, 李德伟, 等. 无人机投放赤眼蜂防治红树林害虫技术[J]. *广西林业科学*, 2018, 47(4): 473-475. [Luo J, Chang M S, Li D

- W, et al. Technique on control of mangrove pests by spreading *Trichogramma* using UAV. *Guangxi Forestry Science*, 2018, 47(4): 473-475.]
- [69]李德伟, 邓艳, 常明山, 等. 赤眼蜂防治红树林害虫的释放技术研究[J]. *中国森林病虫*, 2016, 35(4): 34-35,41. [Li D W, Deng Y, Chang M S, et al. Techniques of releasing *Trichogramma ostrinae* Pang et Chen against pest insects in mangrove forests. *Forest Pest and Disease*, 2016, 35(4): 34-35,41.]
- [70]徐金柱, 秦长生, 揭育泽, 等. 应用噻虫啉微胶囊悬浮剂防治无瓣海桑星天牛研究[J]. *中南林业科技大学学报*, 2012, 32(10): 151-153. [Xu J Z, Qin C S, Jie Y Z, et al. Study of controlling *Anoplophora chinensis* with thiacloprid capsule suspension on *Sonneratia apetala*. *Journal of Central South University of Forestry and Technology*, 2012, 32(10): 151-153.]
- [71]徐勇, 徐清华, 姜雯, 等. 22% 噻虫·高氯氟微胶囊悬浮-悬浮剂防治星天牛药效试验[J]. *农药*, 2023, 62(6): 458-460,463. [Xu Y, Xu Q H, Wen J, et al. Efficacy test of thiamethoxam-lambda-cyhalothrin 22% ZC for the control of *Anoplophora chinensis*. *Agrochemicals*, 2023, 62(6): 458-460,463.]
- [72]姜帆, 向均, 梁亮, 等. 植物检疫检测技术应用现状及发展趋势[J]. *植物保护学报*, 2022, 18(6): 81-85. [Wang T, He Y L, Zhao L X, et al. Current situation and countermeasures of *Spartina alterniflora* Management in China's coastal wetlands. *Wetland Science and Management*, 2022, 18(6): 81-85.]
- [73]姜帆, 向均, 梁亮, 等. 植物检疫检测技术应用现状及发展趋势[J]. *植物保护学报*, 2022, 49(6): 1576-1582. [Jiang F, Xiang J, Liang L, et al. Application status and development prospect of detection technologies in plant quarantine. *Journal of Plant Protection*, 2022, 49(6): 1576-1582.]
- [74]张玉丹, 谭琳, 任佐华, 等. 茶炭疽病拮抗链霉菌的筛选鉴定与拮抗能力测定[J]. *中国生物防治学报*, 2023, 39(3): 646-656. [Zhang Y D, Tan L, Ren Z H, et al. Screening, identification and determination of antagonistic actinomycetes strain against tea anthracnose. *Chinese Journal of Biological Control*, 2023, 39(3): 646-656.]
- [75]付莉媛, 蔡瑞杰, 冯志敏, 等. 葡萄灰霉病生防芽胞杆菌的筛选与防效评价[J]. *中国生物防治学报*, 2022, 38(2): 440-446. [Fu L Y, Cai R J, Feng Z M, et al. Screening of biocontrol *Bacillus spp.* and its suppression efficacy on grape gray mold. *Chinese Journal of Biological Control*, 2022, 38(2): 440-446.]

Current status of mangrove pests in Guangdong Province and suggestions for their control management

Yang Hua, Ling Siqian, Tian Longyan, Qiu Hualong, Qin Changsheng, Xu Jinzhu

(Guangdong Provincial Key Laboratory of Silviculture, Protection and Utilization, Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou 510520, Guangdong, P.R.China)

Abstract: To comprehensively investigate and analyze the taxonomy, distribution, and prevalence of mangrove pests in Guangdong Province, a three-year survey was conducted from 2021 to 2023. This study employed multiple methodologies, including transect surveys, standardized plot assessments, and thematic sampling, to examine the species composition and spatial distribution of diseases, insects, invasive plants, and other pest types within nature reserves and wetland parks encompassed by mangrove ecosystems in Guangdong Province. The survey identified a total of 244 insect species, 34 disease species, 15 harmful plant species, and 3 additional pest categories. Among these, 34 pest species were classified as causing mild or greater harm, comprising 5 plant diseases, 21 harmful insects, 5 invasive plants, and 3 other harmful organisms, with 29.41% categorized as severely damaging. The most severe infestations were observed in sooty blotch, *Ricania guttata*, *Ptyomaxia syntaractis*, *Hyblaea puera*, *Anoplophora chinensis*, *Spartina alterniflora*, and *Enteromorpha* sp. Mangrove resources in Guangdong Province exhibited high species diversity and system stability, but displayed uneven spatial distribution patterns. To effectively manage pest populations, it is imperative to adhere to the working principle of "prevention-oriented, combining prevention and control, and promoting community-based prevention". Strengthening quarantine measures, implementing long-term monitoring programs, and establishing an integrated green management strategy for pest control are critical steps toward ensuring the sustainability of mangrove ecosystems in Guangdong Province.

Keywords: mangrove; harmful organisms; damage; control strategy; Guangdong Province