

## 松墨天牛监测及诱捕效果评价

徐丽丽,孟子翔,刘云鹏\*,解春霞,郑华英

(江苏省林业科学研究院,江苏 南京 211153)

**摘要:**为更好地对松墨天牛进行监测和诱杀,研究使用标记重捕法进行松墨天牛监测并选取3种引诱剂在林间诱捕,结果表明:在羽化初期诱集到的雄虫数量高于雌虫;添加天牛信息素可以有效提高引诱剂的效果,引诱到的雌虫数量高于雄虫;试验地内标记回捕率11.56%,占总诱捕量的6.45%,估算试验地内松墨天牛的种群数量为9330头,雌虫4582头,雄虫4748头;北京中捷四方引诱剂的诱集数量、诱集纯度、诱集时效在3种引诱剂中最优,但对羽化1—20 d天牛的诱集效果不如杭州费洛蒙。以松墨天牛监测为目标时可以使用北京中捷四方引诱剂,以松墨天牛诱杀为目标时建议使用杭州费洛蒙引诱剂。

**关键词:**松墨天牛;引诱效果评价;标记重捕法;松材线虫;种群数量

中图分类号:S763.38

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2024.03.001

## Trapping efficacy comparison and monitoring on *Monochamus alternatus*

Xu Lili, Meng Zixiang, Liu Yunpeng\*, Xie Chunxia, Zheng Huaying

(Jiangsu Academy of Forestry, Nanjing 211153, China)

**Abstract:** To monitor and control *Monochamus alternatus* adults efficiently, we selected three common kinds of attractants on market to trap the adults in forest via a “mark-release-recapture” technique. The result was as follows: At the early stage of emergence, more male beetles trapped than females. Adding longicorn pheromone could effectively improve the effect of attractants, and more female beetles was trapped than males. There captures accounted for 6.45% of the total trappings. With 11.56% recapture rate, we estimated a total of 9330 adults (4582 males and 4748 females) within the experimental field. The trapping quantity, purity and timeliness of attractants produced by PEROBIO were the best winsome, but worse trapping effects on 1—20 d emerging adults than Hangzhou Pheromone. PEROBIO attractant could be used in monitoring *M. alternatus*, and Hangzhou Pheromone attractant could be recommended in trapping *M. alternatus*.

**Key words:** *Monochamus alternatus*; Trapping efficacy comparison; Mark-release-recapture method; *Bursaphelenchus xylophilus*; Population quantity

松材线虫病是由松材线虫(*Bursaphelenchus xylophilus*)引起的系统侵染性病害,具有寄主种类多、适生范围广、传播和致死性快、防治难度大等特点,被称为松树的“癌症”<sup>[1-2]</sup>。自1982年在我国南京首次发生松材线虫病以来,疫情不断扩散蔓延,造成大量松树死亡,成为近几十年来我国发生最严

重、最危险的重大林业病害<sup>[3-4]</sup>。截至目前,我国已有19个省(区、市)702个县级行政区发生松材线虫病(国家林业和草原局2023年第7号公告),对我国的松林资源造成毁灭性破坏,造成的直接和间接经济损失上千亿元。

松墨天牛(*Monochamus alternatus*)是我国南方

收稿日期:2024-02-27;修回日期:2024-03-04

基金项目:中央财政林业科技推广示范资金项目“基于疫点拔除的松材线虫病防控技术熟化与示范”(苏[2023]TG13)

作者简介:徐丽丽(1991—),女,浙江台州人,硕士。主要研究方向:森林保护学。E-mail:jiangfeimeng@126.com;电话:13913905746

\*通信作者:刘云鹏(1978—),男,安徽宿州人,研究员,硕士。主要研究方向:农林病虫害防治技术研究和推广。E-mail:513483023@qq.com;电话:18013809580

松林中的主要钻蛀类害虫,也是亚洲地区松材线虫的主要媒介昆虫<sup>[1, 5]</sup>。应用引诱剂诱杀松墨天牛,具有高效、无污染、易操作等优点,被广泛应用在松材线虫病的防治中,是降低林间松墨天牛虫口密度,监测种群动态的有效手段<sup>[6-9]</sup>。松墨天牛成虫从病死树中羽化后,取食 1—2 年生枝进行营养补充,经过 20 d 左右,雌成虫会选择衰弱木进行产卵,在取食和产卵的过程中松材线虫得以传播到未染病的松树上<sup>[1, 10-12]</sup>。因此,松墨天牛在不同羽化日被诱集,对于防控松墨天牛成虫传播松材线虫病具有较大的差别。标记重捕法是指将捕捉到的生物个体进行标记,再释放回原种群后再次捕回,常用来研究种群活动、生物学特性和迁飞规律等<sup>[13-14]</sup>。将标记重捕技术与松墨天牛引诱技术相结合,研究诱集回天牛的羽化日龄结构,掌握其种群动态变化规律,至少少见报道。

本次研究选取常用的 3 种引诱剂,使用标记重捕法进行松墨天牛林间监测,并对 3 种引诱剂的诱捕效果进行比较,以期对松墨天牛发生动态的监测和制定有效防控措施提供一定的依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概 况

试验地东善桥林场位于南京市江宁区,为松材线虫病老疫区,林下郁闭度为 45%,林间松材线虫病易感树种为马尾松。

1.2 松墨天牛林间释放

于 2023 年 1 月松材线虫病病死树除治时,选取虫口密度较高的木段,放置在养虫笼内。天牛羽化后,每日收集成虫,使用丙烯颜料进行标记,并记录羽化时间和对应的标记。每日下午 4 时进行天牛释放,释放点位于所有诱捕器挂设点的中心位置,释放地点距离各诱捕器不小于 30 m。监测期内共释放带标记松墨天牛雌虫 308 头,雄虫 289 头,共计 597 头。

1.3 松墨天牛林间监测

选用 3 种松墨天牛诱芯(见表 1),于 4 月 28 日在东善桥林场选择空气流通性较好的位置挂设十字挡版型诱捕器,诱捕器间距大于 50 m,高度距地面不低于 1.5 m,每种诱芯设置 5 个重复。从第 2 日开始进行数据统计,包括:诱集松墨天牛数量、性别,回捕松墨天牛数量和标记类型,其他昆虫种类

和数量。

表 1 3 种引诱剂的基本信息

试验组	品牌	市场售价/元	类型
A 组	北京中捷四方生物科技股份有限公司	60	植物源引诱剂+天牛信息素
B 组	杭州费洛蒙生物科技有限公司(F8 诱芯)	140	植物源引诱剂+天牛信息素
C 组	杭州晶菱新能源科技有限公司	40	植物源引诱剂

1.4 松墨天牛种群数量的评估

根据松墨天牛成虫在自然条件下的寿命及扩散方式,使用标记重捕法计算试验地内松墨天牛的种群数量: $P=A \times n \div r$ 。 $P$ :样地内种群数量, $A$ :被标记松墨天牛总数, $r$ :回捕的标记松墨天牛总数, $n$ :诱集的松墨天牛总数。

1.5 数据分析

数据统计与计算分析和折线图的制作使用 Microsoft Office Excel(微软公司,美国);数据方差分析与柱状图和柱状百分比堆积图使用 Prism 5(Graphpad 公司,美国)软件,差异性分析使用单因素方差分析,Tukey's 多重比较。

2 结果与分析

2.1 林间松墨天牛动态监测

林间松墨天牛周诱集数量如图 1 所示,从 5 月 12 日开始诱集到天牛成虫,9 月 8 日后未诱集到天牛成虫。在羽化初期(5 月 5 日—5 月 19 日)诱集到的雄虫数量高于雌虫,雌雄成虫被诱集数量变化趋势基本一致。5 月下旬为松墨天牛被诱集高峰期,雄虫较雌虫早 7 d 迎来被诱集高峰期。通过整个诱集周期观察可以发现(如图 2),A 组引诱到的雌虫数量显著高于雄虫( $t=3.048, df=8, P=0.0156$ ),B 组和 C 组引诱剂对松墨天牛雌雄成虫的引诱效果不存在显著差异。

2.2 不同松墨天牛引诱剂诱捕效果比较

不同引诱剂诱集松墨天牛成虫的诱集效果如表 2 所示。松墨天牛的诱集数量和诱集时效 A 组>B 组>C 组,其中 A 组的诱集量占总诱集量的 57.10%,B 组占 37.66%。A 组松墨天牛的诱集纯度显著高于 C 组( $M_0=28.3, P=0.003$ ),但与 B 组无显著差别( $M_0=6.83, P=0.765$ )。综上分析,A 组引诱剂对松墨天牛的诱集效果最佳,其次为 B 组。

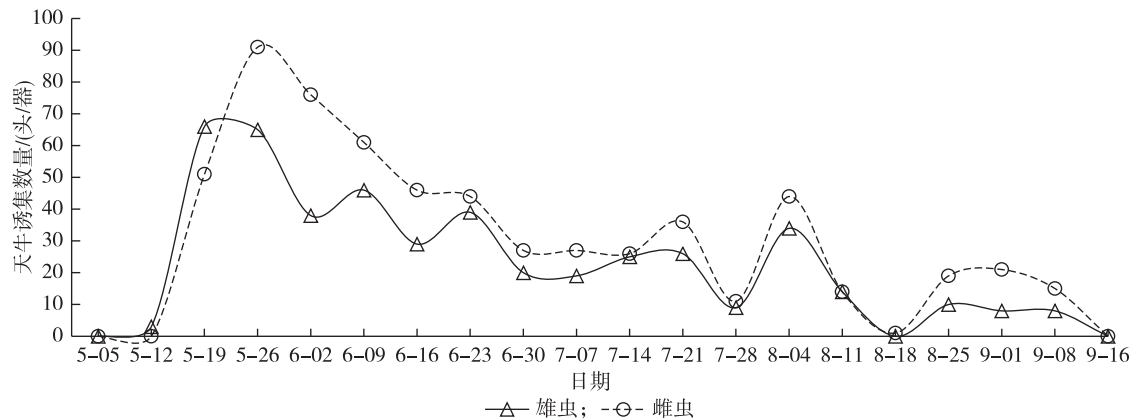
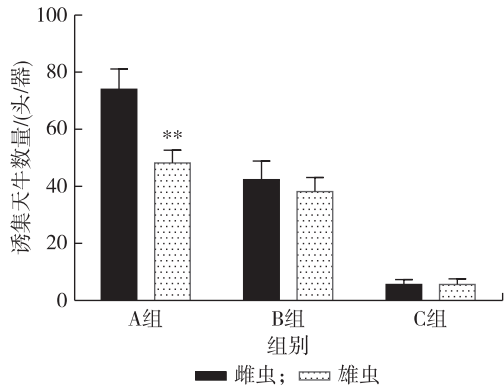


图1 松墨天牛周诱集数量

表2 不同引诱剂对松墨天牛成虫的诱集效果

试验组	松墨天牛雌虫数量/头	松墨天牛雄虫数量/头	松墨天牛总数/头	其他昆虫数量/头	昆虫总数/头	诱集纯度/%	诱集时效/d
A组	74.0±16.0 A	48.2±10.1 A	122.2±25.9 a	36.6±11.6 a	158.8±22.1 A	76.6%±8.1% a	120.0±0 a
B组	42.4±14.5 B	38.2±11.1 A	80.6±24.6 b	36.6±21.7 a	117.2±41.1 B	69.8%±8.8% ab	93.0±3.1 b
C组	5.6±3.9 C	5.6±4.5 B	11.2±7.3 c	9.6±4.6 b	20.8±5.2 B	50.9%±27.0% b	64.8±11.3 c

注:各组数据为平均值±标准差;诱集纯度=(诱集松墨天牛总数÷诱集昆虫总数)×100%;在诱集过程中,连续3 d未诱集到松墨天牛成虫,记录为诱芯失效。不同小写字母表示经 Tukey’s 多重比较,不同试验组间平均值差异达显著水平( $P<0.05$ );不同大写字母表示经 Tukey’s 多重比较,不同试验组间平均值差异达极显著水平( $P<0.01$ )



注:\*\*表示经单因素方差分析,组内平均值间差异达极显著水平( $P<0.01$ )

图2 松墨天牛雌雄成虫总诱集数量

2.3 松墨天牛林间种群数量评估

本次试验周期内共诱集到松墨天牛成虫 1 070 头,其中回捕带标记天牛 69 头,回捕率为 11.56%,占总诱捕量的 6.45%。根据标记回捕法的方程式,估算试验地内松墨天牛的种群数量为 9 330 头,其中雌虫 4 582 头,雄虫 4 748 头(见表3)。

2.4 不同日龄松墨天牛诱集回捕情况

不同引诱剂对不同日龄松墨天牛的诱集情况差异较大(如图3,4)。

表3 试验地内松墨天牛的种群数量

松墨天牛性别	标记释放总数/头	诱捕总数/头	回捕标记总数/头	样地内天牛数量/头
雌虫	308	610	41	4 582
雄虫	289	460	28	4 748
合计	597	1 070	69	9 330

A组共诱集带标记松墨天牛雌虫 31 头,平均日龄为 33 d,包含除 1—10 d 外 6 个羽化日龄阶段雌虫,其中羽化 1—20 d,雌虫 13 头,占 42%;B组仅诱集到羽化 11—20,21—30,41—50 d 3 个阶段的雌虫共 10 头,平均日龄为 18 d,羽化 1—20 d 雌虫 8 头,占 80%;C组未诱集到带标记的松墨天牛雌虫。

A组共诱集带标记松墨天牛雄虫 18 头,平均日龄为 32 d,包含除 1—10 d 外 6 个羽化日龄阶段雌虫,其中羽化 1—20 d 雄虫 8 头,占 39%;B组诱集到羽化 1—10,11—20,31—40 d 3 个阶段的雄虫共 5 头,平均日龄为 14 d,羽化 1—20 d 雌虫 4 头,占 80%;C组诱集到羽化 11—20,21—30,31—40 d 3 个阶段的雄虫共 5 头,平均日龄为 22 d,羽化 1—20 d 雄虫 3 头,占 60%。

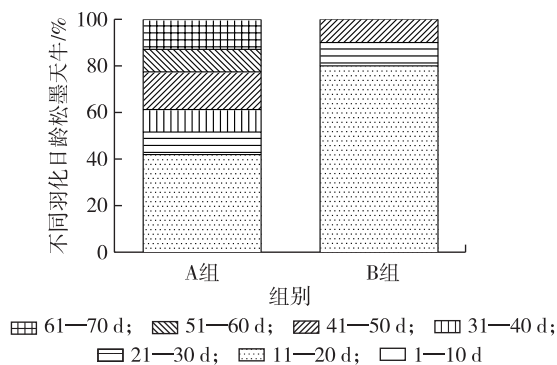


图 3 不同日龄松墨天牛雌虫诱集回捕占比

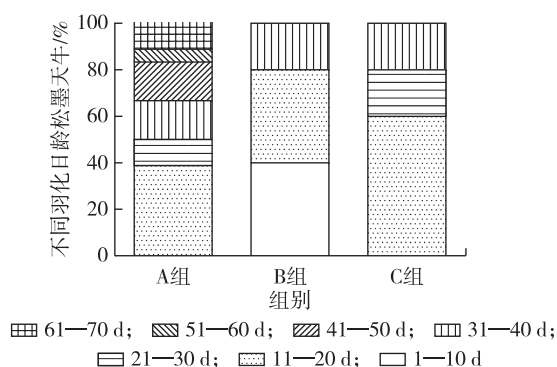


图 4 不同日龄松墨天牛雄虫诱集回捕占比

表 4 试验地内 1—20 d 日龄松墨天牛的诱集情况

试验组	松墨天牛被诱集总数		1—20 d 天牛成虫诱集估算量	
	雌虫	雄虫	雌虫	雄虫
A	370	241	155	94
B	212	191	170	153
C	28	28	—	17

结合诱集回捕占比估算出 B 组诱集到羽化 1—20 d 雌虫 170 头,数量大于 A 组(155 头);诱集到羽化 1—20 d 雄虫的数量 B 组>A 组>C 组。B 组引诱剂对羽化 1—20 d 的成虫诱集效果优于其他 2 组。

### 3 结论与讨论

本次试验采用标记重捕法,估算出东善桥林场试验地内松墨天牛数量为 9 330 头,雌雄比为 1:1,林间松墨天牛危害较为严重。

本次试验选用的 3 种引诱剂,其中 A 组和 B 组引诱剂(植物源引诱剂+天牛信息素)的引诱效果明显优于 C 组(植物源引诱剂),添加天牛信息素可以有效提高引诱的效果。本试验中 A 组和 B 组引诱到的雌虫数量均高于雄虫,其中 A 组雌虫数量极显著高于雄虫,与以往的研究结果相一致,认为含有雄虫信息素的引诱剂对雌虫的引诱效果更佳<sup>[15-16]</sup>。

本次试验选用的 3 种引诱剂,B 组对 1—20 d 松墨天牛的诱集效果优于其他 2 种引诱剂,对 1—20 d 雌虫和雄虫的诱集均占组内总数的 80%。松墨天牛的生殖系统在羽化 20 d 左右发育成熟,天牛进食量和线虫传播数量也在 20 d 时达到峰值,诱捕羽化 1—20 d 的天牛,可以在松墨天牛交配、产卵、大量进食、传播松材线虫前进行诱杀,B 组引诱剂对羽化 1—20 d 松墨天牛有较好的诱集效果,可以更有效地控制天牛种群密度和松材线虫的传播<sup>[6-8, 17-18]</sup>。

A 组引诱剂的诱集数量、诱集纯度、诱集时效在 3 种引诱剂中最优,B 组次之,主要是由于 B 组引诱剂在诱捕后期引诱效果降低,可以通过更换诱芯解决。但对 1—20 d 天牛的诱集效果 A 组不如 B 组。结合售价综合考虑,以松墨天牛监测为目标时,可以使用 A 组引诱剂;在预算充足的情况下,以松墨天牛诱杀为目标时,建议使用 B 组引诱剂,为保证诱杀效果,建议每 2 个月进行诱芯更换。但由于引诱剂的使用效果受气温、降雨、风向等气候因素和林分位置、郁闭度、坡向等立地条件影响<sup>[19-20]</sup>,在使用的过程中要合理设置诱捕器的挂设地点和挂设时间,从而达到最佳的诱捕效果。

### 参考文献:

- [1] 叶建仁,吴小芹.松材线虫病研究进展[J].中国森林病虫,2022,41(3):1-10.
- [2] 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.
- [3] 孙永春.南京中山陵发现松材线虫[J].江苏林业科技,1982(4):47-27.
- [4] ZHAO L, MOTA M, VIEIRA P, et al. Interspecific communication between pinewood nematode, its insect vector, and associated microbes[J]. Trends in Parasitology, 2014, 30(6):299-308.
- [5] 郝德君,杨剑霞,戴华国.松墨天牛化学生态学[J].生态学杂志,2008(7):1227-1233.
- [6] MA T, SHI X, SHEN J, et al. Field evaluation of commercial attractants and trap placement for monitoring pine sawyer beetle, *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae) in Guangdong, China[J]. Journal of Economic Entomology, 2018, 111(1):239-246.
- [7] 王义平,郭瑞,张真.4 种国产引诱剂对松墨天牛诱捕效果的比较分析[J].北京林业大学学报,2012,34(3):142-144.
- [8] 徐真旺,王芳,项作周,等.3 种引诱剂对松褐天牛成虫引诱效果比较[J].植物保护,2020,46(3):231-235.

(下转第 45 页)



- [15] 严陶韬,薛建辉.中国生物多样性研究文献计量分析[J].生态学报,2021,41(19):7879-789.
- [16] 于美佳,叶彦辉,段少荣,等.基于文献计量学的氮沉降对土壤微生物影响的可视化分析[J].安徽农业科学,2021,49(9):230-236.
- [17] 杨霞.基于 CiteSpace 的深度学习文献分析[J].山西青年,2023(12):42-45.
- [18] 张增可,王齐,吴雅华,等.基于 CiteSpace 植物功能性状的研究进展[J].生态学报,2020,40(3):1101-1112.
- [19] LIU S, SUN Y, GAO X, et al. Knowledge domain and emerging trends in Alzheimer's disease: a scientometric review based on CiteSpace analysis [J]. Neural Regeneration Research, 2019, 14(9):1643-1650.
- [20] 陈强,李兴宝,王贵娟.国内图书情报学领域语义网研究的可视化分析[J].山东图书馆学刊,2011(5):82-85.
- [21] 姜云龙,徐宽.基于共词分析的国内科学计量学研究热点分析[J].情报探索,2016(3):28-32.
- [22] 刘月霞,张博一.乡村治理研究的知识图谱——基于 CiteSpace 的可视化分析[J].河北经贸大学学报(综合版),2023,23(4):23-30.
- [23] MISA T, HIROMICHI M. Air-pollutant-philic plants for air remediation [J]. Journal of Environmental Protection, 2012 (3): 1346-1352.
- [24] 王迪,李少宁,鲁绍伟,等.城市森林对氮氧化物(NO<sub>x</sub>)净化作用研究进展[J].环境科学与技术,2018,41(8):114-125.
- [25] 胡正华,孙银银,李琪,等.南京北郊春季地面臭氧与氮氧化物浓度特征[J].环境工程学报,2012,6(6):1995-2000.
- [26] 沈毅,王体健,韩永,等.南京近郊主要大气污染物的观测分析研究[J].南京大学学报(自然科学版),2009,45(6):746-756.
- [27] 鲁绍伟,房佳兴,赵娜,等.植物对大气中二氧化氮的吸收净化研究:方法、抗性特征及机理探索[J].世界林业研究,2023,36(06):1-7.
- [28] 鲁敏,宁静,李东和.绿化树种对大气污染的净化修复能力研究[J].山东建筑大学学报,2010,25(5):469-471,476.
- [29] 鲁敏,李英杰.部分园林植物对大气污染物吸收净化能力的研究[J].山东建筑工程学院学报,2002(2):45-49.
- [30] 缪宇明,陈卓梅,陈亚飞,等.浙江省38种园林绿化植物苗木对二氧化氮气体的抗性及其吸收能力[J].浙江林学院学报,2008(6):765-771.
- [31] CALATAYUD A, IGLESIAS J D, TALÓN M, et al. Effects of long-term ozone exposure on citrus: chlorophyll a fluorescence and gas exchange. [J]. Photosynthetica: International Journal for Photosynthesis Research, 2006, 44(4):548-554.
- [32] 李佳赢,房佳兴,李少宁,等.北京典型绿化树种对氮氧化物的抗性[J].东北林业大学学报,2024,52(2):84-90.

(上接第4页)

- [9] 刘云鹏,王爱忠,解春霞,等.松褐天牛高效诱捕器的筛选比较试验[J].江苏林业科技,2018,45(1):14-18.
- [10] 嵇保中,易双军,刘曙雯,等.松墨天牛卵巢发育特点和灭幼脉对其不育效应的影响[J].植物保护,1999(5):7-11.
- [11] 牟建军.松墨天牛辐射不育的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2005.
- [12] 杨洪,王进军,赵志模,等.松褐天牛的交配行为[J].昆虫学报,2007(8):807-812.
- [13] 陈若虎,丁锦华,谈涵秋,等.迁飞昆虫学[M].北京:农业出版社,1989.
- [14] 丁岩钦.昆虫数学生态学[M].北京:科学出版社,1994.
- [15] 马维超,周艳涛,刘英胜,等.4种引诱剂对光肩星天牛的诱捕效果及种群数量评估[J].东北林业大学学报,2021,49(5):120-123,130.
- [16] 余汉鏊.不同引诱剂对光肩星天牛和星天牛诱捕效果研究[D].北京:北京林业大学,2016.
- [17] 王洋,陈军,陈凤毛,等.松墨天牛取食期间传播松材线虫的特性(英文)[J].南京林业大学学报(自然科学版),2019,43(6):1-10.
- [18] 郑丽平.APF-I型松墨天牛化学诱剂的评价和应用[D].福州:福建农林大学,2013.
- [19] 王四宝,刘云鹏,樊美珍,等.不同诱捕技术对松褐天牛的诱捕效果[J].应用生态学报,2005(3):505-508.
- [20] 李祥康,黄焕华,范军祥,等.林分因子对松褐天牛引诱剂诱捕效果的影响[J].中国森林病虫,2013,32(6):21-23,26.