

# 3 种引诱剂对松褐天牛成虫引诱效果比较

徐真旺<sup>1</sup>, 王芳<sup>1\*</sup>, 项作周<sup>2</sup>, 范祥祯<sup>3</sup>

(1. 浙江省丽水市遂昌县森林病虫害防治检疫站, 丽水 323300; 2. 浙江省丽水市遂昌县湖山林场, 丽水 323300; 3. 浙江省丽水市遂昌县湖山林业工作中心站, 丽水 323308)

**摘要** 为了更好地对松褐天牛成虫进行监测和诱杀,在遂昌地区的马尾松林及贮木场内利用 3 种不同引诱剂对松褐天牛进行诱捕对比试验。结果表明,3 种引诱剂对松褐天牛都有较好的引诱效果,但差异显著。其中,APF-I 型引诱剂的效果最好,F1 型引诱剂次之,ST-2 型最弱。试验期共诱捕到松褐天牛成虫 4 979 头,其中雌成虫 4 134 头,雄成虫 845 头,雌雄比为 1:0.204。所诱捕到的雌虫数量是雄虫的 4.89 倍,差异显著( $P=0.045, t=-4.551$ )。引诱剂捕获松褐天牛的高峰期为 6 月中旬至 8 月中旬,6 月至 8 月份降雨量及气温对松褐天牛成虫诱捕规律产生较大影响。本研究为遂昌地区松褐天牛成虫的防治提供了科学依据。

**关键词** 松褐天牛; 引诱剂; 马尾松; 监测; 诱捕

**中图分类号:** S 763.38 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019078

## Comparison of trapping efficacy of three attractants to *Monochamus alternatus* adults

XU Zhenwang<sup>1</sup>, WANG Fang<sup>1\*</sup>, XIANG Zuozhou<sup>2</sup>, FAN Xiangzhen<sup>3</sup>

(1. Suichang Forest Station of Lishui City, Zhejiang Province, Lishui 323300, China;

2. Hushan Forestry Station of Suichang, Lishui City, Zhejiang Province, Lishui 323300, China;

3. Hushan Forestry Center Station of Suichang, Lishui City, Zhejiang Province, Lishui 323308, China)

**Abstract** In order to monitor and control *Monochamus alternatus* adults efficiently, three attractants were used to trap *M. alternatus* adults in *Pinus* forests and timber yard in Suichang. The results showed that the trapping efficiencies of the three attractants were different significantly, and ranged as APF-I>F1>ST-2. Total of 4 979 *M. alternatus* adults were captured (females: 4 134, males: 845, ♀:♂=1:0.204), and the number of females was 4.89 times than that of males. The trapping peak appeared from Mid-June to Mid-August, and the number of adults captured was significantly influenced by rainfall and temperature. The results could provide a certain biological basis for the effective control against *M. alternatus*.

**Key words** *Monochamus alternatus*; attractant; *Pinus massoniana*; monitoring; trapping

松褐天牛 *Monochamus alternatus* Hope, 又名松墨天牛,在我国广为分布,其成虫啃食嫩枝树皮,幼虫钻蛀树干,是马尾松 *Pinus massoniana* Lamb、黑松 *P. thunbergii* Parl. 和云南松 *P. yunnanensis* Franch 等松属树种最为重要的钻蛀性害虫<sup>[1-3]</sup>,同时也是 *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Buhner)引起的松树毁灭性病害松材线虫病的主要传播媒介<sup>[4-6]</sup>。松褐天牛幼虫在树干内取食为害、世

代不整齐、受外界环境和天敌影响小,化学药剂难以接触到幼虫虫体,防治效果不佳,而且大面积化学防治也易造成环境污染<sup>[7-8]</sup>。近年来,利用花绒寄甲 *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire)等天敌防治松褐天牛的相关研究取得了重大进展,但天敌防治成本较高,在林间难以定殖,其控制效能和持续性有待评估<sup>[9-10]</sup>。应用植物源引诱剂诱杀松褐天牛成虫是监测松褐天牛种群动态、降低种群数量的有效

收稿日期: 2019-02-25

修订日期: 2019-03-22

基金项目: 浙江省 2016 年林业发展和资源保护项目[浙林计(2015)73 号文件];遂昌县林业有害生物普查项目

\* 通信作者 E-mail:705439507@qq.com

手段,引诱剂具有效果好、操作方便、安全、适用性强等特点,在我国松褐天牛发生区广为应用<sup>[11-13]</sup>。当前市面上的松褐天牛引诱剂产品种类繁多,而有研究表明由于地理环境、寄主植物差异及松褐天牛地理隔离等因素造成不同的引诱剂对同一害虫的引诱效果可能存在较大差异<sup>[13]</sup>,因此根据不同的环境要求选择最佳的引诱剂十分必要。

遂昌县地处浙江省西南部(28°31'30"N—28°14'22"N,118°41'53"E—118°14'53"E),属武夷山系仙霞岭分支山区,属中亚热带季风气候,是浙江省重点林区,松林面积 2.88 万 hm<sup>2</sup>,约占全县森林面积的 15%,其中松科植物中大多是马尾松,极易遭受松褐天牛为害,感染松材线虫病。目前,遂昌县是浙江省重要的松材线虫病发生区。为了监测松褐天牛成虫的种群数量、有效降低虫口密度、遏制松材线虫病的自然扩散蔓延,遂昌县于 2008 年—2011 年应用 M-99 引诱剂(中国林业科学院亚热带林业研究

所生产)开展了松褐天牛的防治试验工作,取得了较好的效果<sup>[14]</sup>。但是,自 2012 年起,M-99 引诱剂不再生产,为寻求 M-99 引诱剂的替代品,筛选在遂昌地区有较好引诱效果的松褐天牛引诱剂,笔者于 2016 年在遂昌县松褐天牛重点发生区的松林及松木贮木场内开展了 3 种(市面上主流的松褐天牛引诱剂产品)松褐天牛引诱剂引诱效果的对比试验,现将研究结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 试验地基本情况

试验地点设在遂昌县妙高街道上江村钓鱼岭、西街村妙高山、云峰街道长濂村下栏及绿源木业有限公司的贮木场内,各试验点基本信息见表 1。其中钓鱼岭、妙高山及下栏 3 处林间试验地均为松褐天牛发生区,平均有虫株率 13.8%~15.2%,发生程度为中度。

表 1 试验地概况<sup>1)</sup>  
Table 1 Information of experimental sites

| 试验点<br>Site             | 海拔/m<br>Altitude | 坡度/°<br>Gradient | 坡向<br>Slope aspect | 林种组成<br>Species structure | 林龄/年<br>Tree-age | 平均树高/m<br>Mean height<br>of trees | 平均胸径/cm<br>Mean DBH<br>of trees |
|-------------------------|------------------|------------------|--------------------|---------------------------|------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 钓鱼岭<br>Diaoyuling       | 290              | 30               | 东南                 | 混交林,其中约 80%为马尾松,20%为阔叶树   | 35               | 9                                 | 16                              |
| 妙高山<br>Miaogao mountain | 320              | 25               | 东                  | 混交林,其中约 90%为马尾松,10%为阔叶树   | 35               | 10                                | 18                              |
| 下栏<br>Xialan            | 310              | 28               | 南                  | 混交林,其中约 90%为马尾松,10%为阔叶树   | 30               | 9                                 | 16                              |
| 贮木场<br>Timber yard      | 260              | 平坦               | /                  | 其中约 40%马尾松、杉木和杂木各 30%     | /                | /                                 | /                               |

1) 林龄是指马尾松的树龄;贮木场中木头来自于遂昌不同地区所砍伐的松木段,树龄及胸径不等。  
Tree-age means age of masson pine in experimental sites. The short-cut woods in timber yard come form different masson pine forest, and the age and DBH (diameter at breast height) are different.

1.2 引诱剂及诱捕器

试验选用了目前在市场上使用比较多的 3 种引诱剂:APF-I 型引诱剂,厦门三涌生物科技有限公司;F1 型引诱剂,杭州绿野病虫害防治有限公司;ST-2 型引诱剂,厦门英格尔生物科技有限公司。诱捕器为十字撞板式诱捕器,塑料材质,包括圆形顶盖(黑色,直径 50 cm)、十字挡板(黑色,长 65 cm,宽 35 cm)、圆形漏斗(黑色,直径 35 cm,高 19 cm)和集虫瓶(白色,直径 10 cm,高 27cm),十字挡板表面和漏斗内侧有增效涂层,为杭州绿野病虫害防治有限公司生产。

1.3 试验设计

试验设置 4 个处理,3 种引诱剂 APF-I、F1 和 ST-2 处理及清水对照(CK)。在上江村钓鱼岭、西街村妙高山、长濂村下栏和绿源木业有限公司贮木场 4 个地点均设置 3 种引诱剂和 1 个对照进行诱捕试验。每个试验地点每处理各悬挂 5 个诱捕器,共悬挂 80 个诱捕器。

1.4 试验方法

于 2016 年 4 月中旬到 11 月初进行松褐天牛诱捕试验。3 个松林试验点:选取松林间有树荫遮蔽的林道或岔道处,空气流通较好的地方作为诱捕器

的悬挂点。按随机网状或带状布点,并进行编号,诱捕器间距 50~80 m 不等,悬挂高度离地面不低于 1.5 m<sup>[15]</sup>。绿源木业有限公司:诱捕器则设置在贮木场四周围墙的内侧,间距 30 m。将不同种类的引诱剂悬挂在诱捕器的中央,让引诱剂挥发性气味缓慢释放,同时在集虫瓶里盛装约 200 mL 洗洁精溶液(洗洁精:水=1:600)以防止天牛飞出。诱捕器设置完毕后,装入新的诱芯,每 10~15 d 收集 1 次,详细记录每个诱捕器中诱捕到的松褐天牛雌、雄成虫的数量,将集虫瓶清理干净后更换瓶中的洗洁精溶液,并按照各引诱剂使用时间及时更换引诱剂。诱捕持续至林间天牛消失为止。

1.5 数据处理

采用 Microsoft Office Excel 2014 对试验数据进行初步统计。采用 SPSS 13.0 软件对数据进行统计分析,用 Origin 8.0 软件绘图。采用单因素方差

分析(One-Way ANOVA,各处理间的多重比较采用 LSD 法),对不同引诱剂及对照中松褐天牛成虫诱捕量进行显著性分析。所捕获的松褐天牛雌、雄虫数量间的配对进行 *t* 检验(Paired-Samples *t*-test)。

2 结果与分析

2.1 不同引诱剂对松褐天牛的诱捕效果

3 种松褐天牛引诱剂对松褐天牛成虫均有较好的诱杀作用,共引诱成虫 4 979 头,各种引诱剂及对照间差异极显著( $P<0.001$ ,表 2);3 种松褐天牛引诱剂表现各异,其中 APF-I 效果最好,共计引诱 2 221 头,达到 555.25 头/组(5 个诱捕器为 1 组),显著多于 F1 和 ST-2(图 1,表 3);ST-2 引诱效果最差,共计引诱 1 231 头,诱捕量仅为 307.75 头/组,与 F1 的诱捕量差异不显著(图 1,表 3)。

表 2 3 种引诱剂对松褐天牛成虫诱捕量的单因素方差分析

| Table 2 One way ANOVA analysis of attractant effects of different traps to <i>Monochamus alternatus</i> adults |                       |                  |                   |           |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|-------------------|-----------|-----------|
| 变异因素<br>Resource                                                                                               | 平方和<br>Sum of squares | 自由度<br><i>df</i> | 均方<br>Mean square | <i>F</i>  | <i>P</i>  |
| 不同处理间 Different treatment                                                                                      | 644 892.5             | 3                | 214 964.1667      | 24.447 54 | 0.000 002 |
| 误差 Error                                                                                                       | 105 514.5             | 12               | 8 792.875         |           |           |
| 总计 Total                                                                                                       | 750 407               | 15               |                   |           |           |

表 3 3 种松褐天牛引诱剂及对照诱捕量显著差异分析<sup>1)</sup>

| Table 3 Multiple comparison analysis of different traps to <i>Monochamus alternatus</i> adults |           |                 |                 |                       |                       |            |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|------------|------------------|
| 处理对比<br>Comparison                                                                             | <i>P</i>  | 平均值 1<br>Mean 1 | 平均值 2<br>Mean 2 | 均值差<br>Mean deviation | 标准差<br>Std. deviation | <i>t</i> 值 | 自由度<br><i>df</i> |
| APF-I vs F1                                                                                    | 0.021 753 | 555.25          | 380.50          | 174.75                | 86.889 7              | 2.011 17   | 6                |
| APF-I vs ST-2                                                                                  | 0.002 821 | 555.25          | 307.75          | 247.50                | 78.006 1              | 3.172 83   | 6                |
| F1 vs ST-2                                                                                     | 0.290 934 | 307.75          | 380.50          | -72.75                | 62.326 9              | 1.167 23   | 6                |
| APF-I vs CK                                                                                    | 0.000 001 | 555.25          | 0               | 555.25                | 69.821 6              | 7.952 40   | 6                |
| F1 vs CK                                                                                       | 0.000 001 | 0               | 380.50          | -380.50               | 51.718 0              | 7.357 21   | 6                |
| ST-2 vs CK                                                                                     | 0.000 576 | 307.75          | 0               | 307.75                | 34.783 6              | 8.847 57   | 6                |

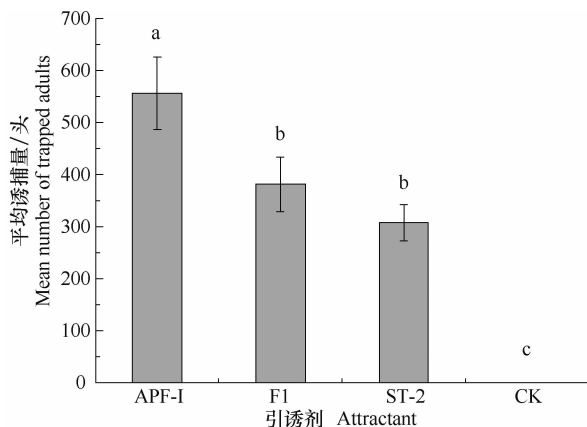
1) 平均值 1 为处理对比中前者的诱虫量均值,平均值 2 为后者的诱虫量均值。  
Mean 1 is the mean number of adults trapped by the attractant before “vs”, and mean 2 is the number of adults trapped by the attractant behind “vs”.

2.2 不同地点松褐天牛的诱捕量

不同地点因环境及虫口密度差异,造成各引诱剂诱捕量存在显著差异。3 种引诱剂中,APF-I 表现最佳,在各个试验地点的诱捕量均最大,可适用于林间和贮木场(图 2)。同时,3 种引诱剂在林间的诱捕效果好于贮木场,这可能与虫口密度、气流速度、伐倒木挥发物释放量等影响因子相关(图 2)。

2.3 引诱剂对松褐天牛雌、雄成虫的引诱作用

共诱捕到松褐天牛成虫 4 979 头,其中雌成虫 4 134 头,雄成虫 845 头,雌雄比为 1:0.204。所诱捕到的雌虫数量是雄虫的 4.89 倍,差异显著( $P=0.045$ , $t=-4.551$ )。各引诱剂所诱捕到的雌虫均显著多于雄虫,可见引诱剂对雌虫更为有效(图 3)。



不同字母表示差异显著,  $P < 0.05$ . 下同

Different letters indicate significant difference,  $P < 0.05$ . The same below

图1 不同引诱剂诱捕松褐天牛的数量

Fig. 1 Number of *Monochamus alternatus* adults trapped with different attractants

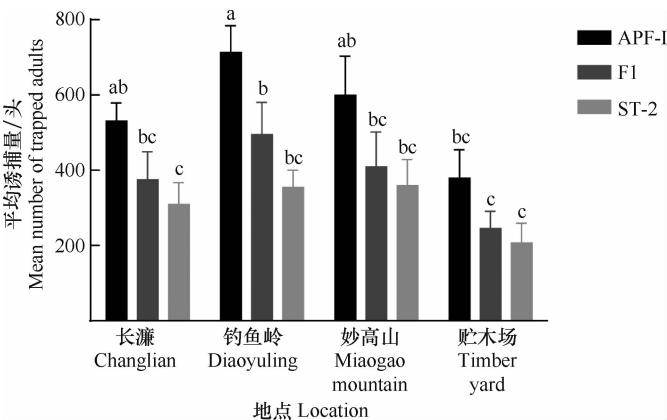
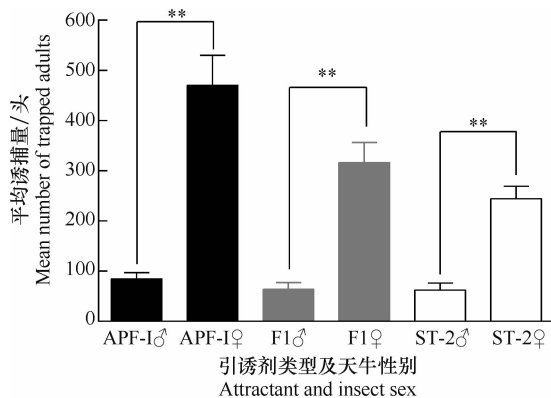


图2 各引诱剂在不同地点对松褐天牛的诱捕量

Fig. 2 Mean number of *Monochamus alternatus* adults trapped with three attractants in different sites



\*\* 表示差异极显著,  $P < 0.01$

\*\* indicates significant difference,  $P < 0.01$

图3 不同引诱剂诱捕的松褐天牛雌、雄成虫

Fig. 3 Number of female and male *Monochamus alternatus* adults trapped with different attractants

## 2.4 松褐天牛成虫的诱捕规律

4月下旬检查诱捕器天牛成虫捕获量为0,5月8日第1次诱捕到成虫,共诱集到52头天牛(占1.05%)。由于松褐天牛开始羽化的时间比引诱到成虫的时间要提前7~10 d左右,因此推测林间松褐天牛羽化的时间可能在4月30日左右。引诱剂捕获松褐天牛的高峰期为6月中旬至8月中旬(占82.37%),最高值出现在8月中旬(占27.10%),诱捕末期可持续至11月下旬(图4)。

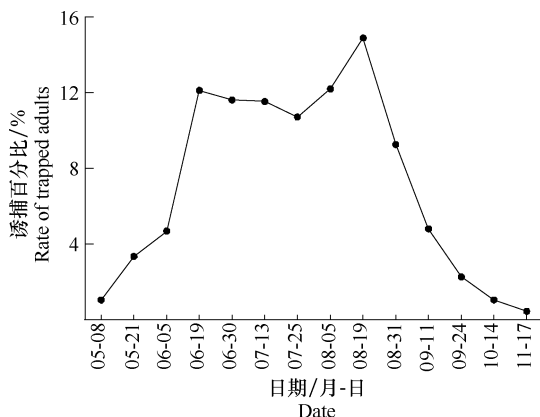


图4 不同时段松褐天牛的诱捕比例

Fig. 4 Rate of *Monochamus alternatus* adults trapped in different periods

## 3 结论与讨论

近年来,国内外学者采用植物源引诱剂、性信息素引诱剂以及多种信息素组配等方法对松褐天牛监测及诱杀防治技术开展了大量研究,取得了一定的成果,研发出了多种引诱剂及诱捕器<sup>[13, 16-17]</sup>。本研究选用的3种引诱剂对松褐天牛都有较好的诱捕作用,其中APF-I引诱剂效果最好,且在不同的环境中均有上佳表现(图2)。因此,在遂昌松林及贮木场内开展松褐天牛监测、诱捕时,可优先选用厦门三涌生物科技有限公司的APF-I型松褐天牛引诱剂。

环境条件如温度、湿度、空气流速、引诱剂缓释载体等因素都对松褐天牛引诱剂的引诱效果有较大影响<sup>[18-19]</sup>。研究表明,其他条件基本一致的情况下,平均气温是影响诱捕量的关键因素,随着平均气温的升高诱捕量逐渐增加<sup>[20-21]</sup>。在本试验中,同一引诱剂在林间的引诱效果优于贮木场(图2),可能与林内和贮木场(有钢化屋顶)内温度不

同及虫口密度不同有关。另外,不同的引诱剂载体对引诱效果也有显著影响<sup>[22-23]</sup>。本研究中,F1型引诱剂是瓶装,50~60 d 更换1次,持续时间较长。而APF-I型引诱剂是袋装,20 d 就要进行更换,持续时间较短。

由于松褐天牛成虫有补充营养的习性,因而利用引诱剂监测到的松褐天牛动态与林间实际的羽化规律存在时间差,但仍可利用引诱剂的诱捕量来反映松褐天牛的羽化规律<sup>[24]</sup>。2011年笔者应用M-99型引诱剂进行了松褐天牛成虫监测,2016年再次应用3种引诱剂在同一区域监测松褐天牛成虫动态,两个年份成虫羽化规律基本一致,但2016年天牛羽化盛期较2011年延长了约30 d,这可能与有效积温及降水密切相关。遂昌县松褐天牛成虫期在4月底至10月底,这个时期的降雨量及气温的变化,特别是5月—8月降雨量及气温的变化对松褐天牛成虫羽化产生较大影响。因此,可根据诱捕到的数量结合5月—8月的气温、降雨量,对成虫防治时间进行科学安排,从而达到最佳的防治效果。

## 参考文献

- [1] 萧刚柔. 中国森林昆虫[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992: 483-485.
- [2] 宁眺, 方宇凌, 汤坚, 等. 松材线虫及其传媒松墨天牛的监测和防治现状[J]. 应用昆虫学报, 2005, 42(3): 264-269.
- [3] ALLISON J D, BORDEN J H, SEYBOLD S J. A review of the chemical ecology of the Cerambycidae (Coleoptera) [J]. Chemoecology, 2004, 14(3/4): 123-150.
- [4] TOGASHI K. Transmission curves of *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae) from its vector, *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae), to pine trees with reference to population performance [J]. Applied Entomology & Zoology, 1985, 20: 246-251.
- [5] AKBULUT S, STAMPS W T. Insect vectors of the pinewood nematode: a review of the biology and ecology of *Monochamus* species [J]. Forest Pathology, 2012, 42(2): 89-99.
- [6] ZHAO B G. Pine wilt disease in China [M]// ZHAO B G, FUTAI K, SUTHERLAND J R, et al. Pine wilt disease. Tokyo: Springer, 2008: 18-25.
- [7] 王翠莲, 周艺峰. 应用灭幼脲3号微胶囊与其他农药微胶囊混合防治松褐天牛成虫研究 [J]. 林业科学, 2000, 36(1): 76-80.
- [8] 孙继美, 汤宗斌, 蒋德骥, 等. 杀螟·噻嗪酮乳油防治松褐天牛的研究[J]. 林业科学研究, 2001, 14(6): 688-691.
- [9] 杨忠岐, 王小艺, 张翌楠, 等. 释放花绒寄甲和设置诱木防治松褐天牛对松材线虫病控制作用研究[J]. 中国生物防治学报, 2012, 28(4): 490-495.
- [10] 杨远亮, 杨忠岐, 王小艺, 等. 应用花绒寄甲防治松褐天牛 [J]. 林业科学, 2013(3): 103-109.
- [11] FAN Jianting, KANG Le, SUN Jianghua. Role of host volatiles in mate location by the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* hope (Coleoptera: Cerambycidae) [J]. Environmental Entomology, 2007, 36(1): 58-63.
- [12] MA Tao, SHI Xianhui, SHEN Jing, 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, 2017, 111(1): 239-246.
- [13] 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.
- [14] 周樟庭, 徐真旺, 龚笑飞, 等. 遂昌县松林主要鞘翅目昆虫种类及其种群动态研究[J]. 浙江林业科技, 2013, 33(3): 31-38.
- [15] 马涛, 刘志韬, 孙朝辉, 等. APF-I型引诱剂监测松墨天牛种群动态试验[J]. 中国森林病虫, 2016, 35(2): 21-23.
- [16] SANCHEZ-HUSILLOS E, ETXEBESTE I, PAJARES J. Effectiveness of mass trapping in the reduction of *Monochamus galloprovincialis* Olivier (Col.: Cerambycidae) populations [J]. Journal of Applied Entomology, 2016, 139(10): 747-758.
- [17] PAJARES J A, áLVAREZ G, HALL D R, et al. Attractants for management of the pine sawyer beetle *Monochamus sutor*, a potential vector of *Bursaphelenchus xylophilus* [J]. Journal of Applied Entomology, 2016, 141(1/2): 97-111.
- [18] 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, 16(3): 505-508.
- [19] 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.
- [20] 陈绘画, 朱寿燕, 徐志宏. 气象因子对松树蛀干类害虫引诱剂诱捕效果影响的通径分析[J]. 东北林业大学学报, 2010, 38(3): 103-107.
- [21] 郑志敬, 陈绘画, 张建华, 等. 气象因子对松墨天牛诱捕效果影响的研究[J]. 林业勘察设计, 2011(1): 119-122.
- [22] 唐伟强, 吴沧松, 赵锦年, 等. 缓释型引诱剂诱杀松墨天牛成虫效果试验[J]. 中国森林病虫, 2008, 27(6): 35-36.
- [23] 赵锦年, 蒋平, 张星耀, 等. 松褐天牛缓释型引诱剂及其引诱效果研究[J]. 林业科学研究, 2011, 24(3): 350-356.
- [24] 洪承昊, 戴丽, 王少明, 等. 利用APF-I型化学引诱剂监测松褐天牛种群动态的研究[J]. 植物检疫, 2017, 31(3): 56-61.

(责任编辑: 杨明丽)