

松褐天牛缓释型引诱剂及其引诱效果研究*

赵锦年¹, 蒋平², 张星耀³, 林云华⁴, 黄照岗⁵, 何玉友¹

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 浙江省林业有害生物防治检疫局, 浙江 杭州 310020;
3. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 北京 100091; 4. 浙江省乐清市森林病虫害防治检疫站, 浙江 乐清 325600;
5. 浙江省杭州市余杭区森林病虫害防治检疫站, 浙江 杭州 311100)

摘要:松褐天牛缓释型引诱剂由引诱活性制剂和具强吸附力的缓释基质复合配制,其组分和配比为2种单萜烯:乙醛:丙酮:乙醇:微晶碳素:膨润土=0.20:0.06:0.06:0.08:0.47:0.13,引诱活性制剂和缓释基质质量分别占缓释型引诱剂总质量的40%和60%。缓释型引诱剂能控制活性成分释放速度,使引诱活性成分较平稳地持续发挥引诱效果。缓释型引诱剂引诱活性成分日均释放量为0.9g,仅为原型引诱剂日均释放量的25.0%,可引诱以松褐天牛成虫为主的29种林木蛀干害虫,是一种广谱性的缓释型引诱剂。该引诱剂引诱松褐天牛成虫的引诱活性与原型引诱剂基本一致,其林间有效作用半径和诱获率分别为70m和43.8%。缓释型引诱剂可准确监测松褐天牛等松林蛀干害虫成虫种群数量动态,有效诱杀松材线虫病的媒介昆虫和多种蛀干害虫。

关键词:松褐天牛;引诱活性制剂;缓释基质;缓释型引诱剂;引诱效果

中图分类号:S763

文献标识码:A

Study on the Slow-release Attractant for *Monochamus alternatus* and Its Attractive Effect

ZHAO Jin-nian¹, JIANG Ping², ZHANG Xing-yao³, LIN Yun-hua⁴, HUANG Zhao-gang⁵, HE Yu-you¹

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, Zhejiang, China;

2. Forest Pest Management and Quarantine Bureau of Zhejiang Province, Hangzhou 310020, Zhejiang, China;

3. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China;

4. Forest Pest Management and Quarantine Station of Yueqing City, Zhejiang Province, Yueqing 325600, Zhejiang, China;

5. Yuhang Forest Pest Management and Quarantine Station of Hangzhou City, Zhejiang Province, Hangzhou 311100, Zhejiang, China)

Abstract: The slow-release attractant for *Monochamus alternatus* were prepared by the attractive active agent and the slow releasing matrix with high absorbability, which was mainly composed of 2 monoterpene, acetaldehyde, acetone, alcohol, microcrystalline carbon, bentonite and the rate was 0.20:0.06:0.06:0.08:0.47:0.13. The weight of attractive active agent and slow releasing matrix accounted for 40% and 60% of the total weight of the slow-release attractant, respectively. The slow-release attractant can control the release rates of the active composition, and made the attractive effects steadily and sustainable. The daily mean volatilization rate of the attractive active composition of the slow-release attractant was 0.9 g, which was only 25.0% of the prototype attractant, and could attract 29 species notorious trunk borer, and was a broad-spectrum slow-release attractant. The attractive activity of this attractant to *M. alternates* was similar with prototype attractant and the effective attractive radius and trap ratio was 70

收稿日期:2010-09-02

基金项目:国家“十五”科技攻关计划项目“重大林木病虫害监测、预警技术研究”(2001BA509B09);浙江省科技厅重大农业科技项目“应用生物技术综合防治松材线虫病的研究”(2004C12035);杭州市科技发展计划项目(20091832B46)

作者简介:赵锦年(1940—),男,浙江杭州人,研究员,主要从事林木钻蛀性害虫研究。

*参加本项目研究的还有赵沁澍、吾中良、牟爱友、伍南坤、奚小华、唐淑琴、崔相富、陈绘画、吴沧松、陈秀龙、唐伟强、汤大卫等,谨此致谢。

m and 43.8% in forest, respectively. This slow-release attractant could monitor accurately the adult population dynamics of the main pine stem-borers such as *M. alternatus*, and trapped and killed effectively the insects, which carried the *Bursaphelenchus xylophilus*.

Key words: *Monochamus alternatus*; attractive active agent; slow releasing matrix; slow-release attractant; attractive effect

松褐天牛(*Monochamus alternatus* Hope)是我国松属(*Pinus* L.)树种重要的蛀干害虫,是松材线虫(*Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Buhrer) Nickle)最有效的传播媒介。松褐天牛各虫态中,惟成虫阶段暴露空间,觅食松树嫩枝皮,补充营养。松林内,松褐天牛成虫种群密度高时,众多嫩枝皮遭啃食,造成寄主生理衰弱,致使以该虫为主的蛀干害虫相继钻蛀树干,加速松树枯死^[1]。松褐天牛成虫补充营养时,携带的松材线虫通过取食伤口潜入寄主组织,致使松树迅即萎蔫枯死^[2]。由于松褐天牛幼虫生活隐蔽,蛀道复杂^[3],成虫体壁、鞘翅厚而坚硬,耐药力和生殖力强等诸多特点,传统的化学杀虫剂防治很难奏效。

松树的释放性物质对松褐天牛成虫具有强烈的引诱活性,这些释放性物质,在松褐天牛成虫寄主搜索、补充营养和产卵等系列行为的生境定位中起着重要的导向作用。经学者研究分析,松树释放性物质的主要成分为2种单萜烯及一些嫌气性发酵生成物(主要是乙醇和微量的丙酮、乙醛)的混合物^[4-7]。为调控松褐天牛成虫对寄主松树的选择,切断松褐天牛成虫取食、产卵行为与寄主松树的链接,达到诱杀成虫,保护松树生态安全的目的。近年来,国内外有关学者利用松树的主要释放性物质,研发了各种类型的松褐天牛引诱剂,取得较好的松褐天牛成虫诱杀、防治效果,松褐天牛引诱剂已成为松材线虫病工程治理的重要技术支撑^[8-12]。2003年作者研制了M-99引诱剂并申请专利,诱杀松褐天牛成虫效果显著^[13],在全国11个省市得到推广应用,取得重要的生态、经济效益^[14]。

目前,国内外研制的引诱剂主要成分均系液态,释放性较强。林间应用时,引诱剂诱瓶封口开启后,易导致引诱剂有效成分释放量和释放速率不稳定。应用前4~6天,释放量较大,释放速率较快;6天后,释放量渐减,释放速率渐缓;15天后,有效成分基本释放完毕。液态引诱剂有效成分的释放,出现明显的“峰谷”现象。松褐天牛成虫期长达150天以上,林间应用需要多次添加或更换引诱剂,造成引诱剂的大量浪费,也增加劳动强度,提高了防治成本。

为合理控制引诱剂有效成分的释放,进一步发挥引诱防治效果,2003—2007年,作者以M-99引诱剂为原型引诱剂,在浙江有关县市连续开展了缓释基质筛选、缓释型引诱剂研制、林间缓释型引诱剂与原型引诱剂引诱效果对比试验。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

1.1.1 原型引诱剂 按M-99引诱剂配方,将2种萜烯、乙醛、丙酮和乙醇按0.50:0.15:0.15:0.20的比率混合,搅拌均匀^[8],作为缓释型引诱剂的引诱剂,置于密封容器内,备用。

1.1.2 缓释基质 先后选择高吸水性树脂、阻水粉、膨润土和微晶碳素4种材料作为供试缓释基质。4种缓释基质的理化性质分别为:高吸水树脂为白色固体结晶物,吸水倍率为500,粒度(目)为80,吸水速度快;阻水粉为白色固体结晶物,吸水倍率为500,粒度(目)为 ≥ 100 ,保水性强;膨润土为白色矿物质粉末,不溶于水和有机溶剂,具有较强吸附性;微晶碳素为黑色粉粒,微孔的孔隙容积为 $0.25 \sim 0.90 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1}$,孔隙数量约 $1020 \text{ 个} \cdot \text{g}^{-1}$,具较强吸附能力。

1.2 试验设计

1.2.1 缓释型引诱剂的研制 分别选用高吸水性树脂、阻水粉、膨润土和微晶碳素与原型引诱剂混合,缓慢搅拌呈糊状,充填到口径、高度分别为7.6、9.9 cm的塑质易拉罐内,密封。

1.2.2 原型引诱剂与缓释型引诱剂释放速率对比测定 2006年6—11月,在浙江省富阳市中国林科院亚林所的湿地松(*Pinus elliotii* Englem.)林内,随机选择4株湿地松,在其中2株树之间,各架1根铁丝,其中央各悬挂1个诱捕器,诱捕器下部距地1.5 m。用TN-100型托盘扭力天平称取原型引诱剂和缓释型引诱剂的质量,分别装入诱捕器内。以后逐日分别称质量,前日质量减去当日质量,即为当日引诱剂有效成分的释放量。参阅富阳市气象局提供的气象资料,研究日释放量与温度、湿度的关系。

1.2.3 林间缓释型引诱剂引诱效果测定 2004—

2007年5月上中旬至10月上旬,分别在杭州市余杭区、富阳市、乐清市、温岭市、新昌县、淳安县、仙居县、绍兴市和临海市等松褐天牛严重危害区或松材线虫病疫区设置试验观测点,进行原型引诱剂和缓释型引诱剂引诱效果的对比测定。每个试验观测点各设5~8个缓释型引诱剂诱捕器,以同等数量的原型引诱剂诱捕器为对照,每个诱捕器间隔70 m。试验之日始,间隔5天定时收集并记载诱获的松褐天牛雌雄成虫数量。

1.2.4 缓释型引诱剂有效作用半径测试 2003年6月4日至7月2日,在杭州市余杭区良渚镇牛头山进行缓释型引诱剂有效作用半径测试。从养虫笼内,捕获羽化不久的松褐天牛成虫,用不同颜色的油漆,在成虫鞘翅后缘标以一小圆点。为防鸟类等天敌白天取食供试天牛,先在室内用带针叶的马尾松鲜枝饲养至次日傍晚。在距诱捕器40、60、70、80 m 4个不同距离范围内,分别放飞标记的天牛。同一距离用同一种颜色标记。6月5日至7月2日,从诱捕器回收诱获的松褐天牛成虫,并统计不同颜色标记的松褐天牛成虫数量。

1.2.5 缓释型引诱剂监测蛀干害虫种类及松褐天牛成虫种群数量动态 2004—2007年5月中旬至9月下旬,在杭州市余杭区、淳安县、温岭市、乐清市和绍兴市松褐天牛发生区和松材线虫病疫区建立试验观测点。每个试验观测点设10个缓释型引诱剂诱捕器,各诱捕器间相距70 m。自试验之日始,间隔3天收集诱获的昆虫。鉴定蛀干害虫种类,记载并统计松褐天牛等主要蛀干害虫成虫数量,研究其种群数量的变动规律。

2 结果与分析

2.1 缓释基质的筛选

先后选择高吸水性树脂、阻水粉、膨润土和微晶碳素4种材料,作为供试缓释基质。前2种为高分子吸水树脂,后2种为强吸附剂,作为原型引诱剂引诱活性成分的载体。引诱活性成分与载体按一定比例均匀混合,并充分搅拌。

试验显示:高吸水性树脂和阻水粉均具较强吸水能力,能吸收原型引诱剂中水溶性的丙酮、乙醛和乙醇液体,但不能吸收油状的萜烯液体。试验过程中,原型引诱剂中的丙酮、乙醛和乙醇液体均被吸入上述2种物质内,而萜烯液体被分离,排斥于基质外。原型引诱剂组分中,萜烯占50%。萜烯是健康

松树嫩梢的主要释放物,是松褐天牛成虫识别并取食马尾松(*P. massoniana* Lamb.)等松类植物的主要化学信息素。试验结果表明,高吸水性树脂和阻水粉不宜作为缓释基质。

试验显示:微晶碳素有大量大小不一的微孔,膨润土具有较大的孔容,因而有较强的吸附性和较高的吸附容量。微晶碳素与膨润土按1.0:3.6的比例混合,能较好地同时吸附水溶性的丙酮、乙醛、乙醇液体和油状的萜烯液体,并均匀地分散在这2种混配的吸附基质内。通过这种吸附扩散的物理方法,原型引诱剂的引诱成分与吸附基质融合成一体,形成引诱活性成分缓慢释放的新制剂。

2.2 缓释型引诱剂诱芯的研制

2.2.1 引诱活性制剂的有效组分和比例 根据松树释放释放性物质的主要成分,先后配制14个不同浓度配比的配方。经林间多次测试,确定对松褐天牛成虫取食和产卵行为具有导向的主要引诱活性成分,由2种单萜烯和3种发酵生成物组成,其组分和浓度配比为:2种单萜烯:乙醛:丙酮:乙醇=0.50:0.15:0.15:0.20。配制的引诱活性制剂对松褐天牛、短角幽天牛(*Spondylis buprestoides* (L.))、松幽天牛(*Asemum amurense* Kraatz)、褐幽天牛(*Arhopalus rusticus* (L.))和马尾松角胫象(*Shirahoshizo patruelis* (Voss))等松蛀虫,均具有较强的引诱作用。这5种松蛀虫均能携带松材线虫^[4],但迄今为止,仅发现松褐天牛能有效转播松材线虫病^[14]。

2.2.2 缓释型引诱剂诱芯的研制 2006年6月,将配制的松褐天牛引诱活性制剂与微晶碳素和膨润土充分搅拌,引诱活性成分被吸附并扩散于缓释基质中,形成糊状的缓释型引诱剂,其组成及质量比例为:2种单萜烯:乙醛:丙酮:乙醇:微晶碳素:膨润土=0.20:0.06:0.06:0.08:0.47:0.13。引诱活性制剂和缓释基质的质量,分别占缓释型引诱剂总质量的40%和60%。将缓释型引诱剂置于口径7.6 cm、高9.9 cm的硬塑质易拉罐内,成桶形缓释型诱芯(图1)。经2006—2009年贮藏试验,引诱活性成分3天内不会泄漏。

2.3 原型引诱剂、缓释型引诱剂释放速率的比较

2种单萜烯均系释放性油状液体,乙醛、丙酮和乙醇均为易释放的无色透明液体。5种成分配制的引诱制剂在室内常温下均易释放,弥散空间。在林间应用时,遇到30℃以上较高的气温、较大的风速,引诱成分释放速率更快。筛选的2种缓释基质均为



图1 松褐天牛缓释型引诱剂诱芯

细小的炭粒和土粒,有很大的比表面积,均匀混合后,形成不规则排列,产生形状不同、大小不一的孔

隙,具有较大的孔容,使吸附质(引诱制剂成分)分子快速深入缓释基质内的较小孔隙中,形成里外不同深浅层次的引诱制剂层,达到逐层缓慢释放目的。2006年先后2次对原型引诱剂、缓释型引诱剂活性成分释放量进行了测定,结果(图2)表明:原型引诱剂活性成分日均释放量呈明显的“峰谷”波动,而缓释型引诱剂日均释放量较平稳;前者的日均释放量为3.6g,后者为0.9g,前者是后者的4.0倍。先后2次测定,第1次为81天,原型引诱剂释放了291.6g,而缓释型引诱剂仅释放了72.9g;第2次为64天,前者释放了230.4g,而后者仅为57.6g。

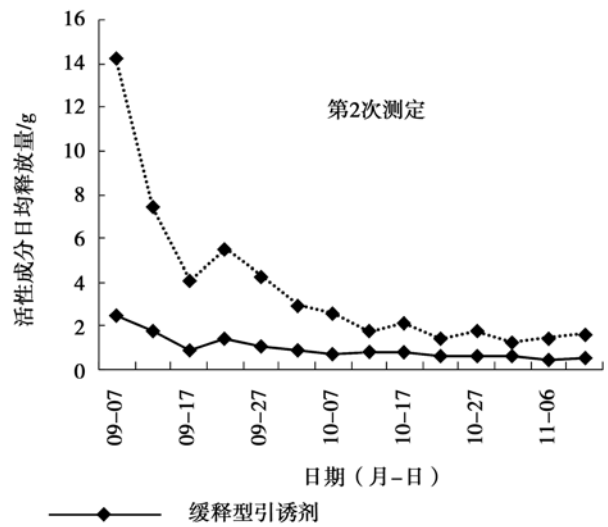
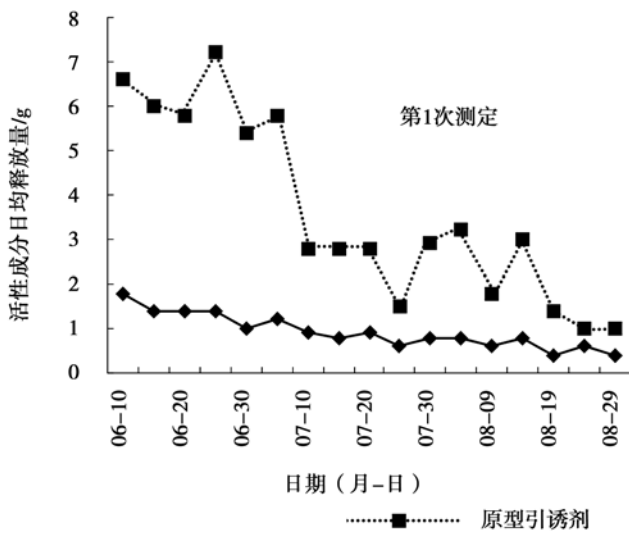


图2 2种引诱剂2次测定活性成分日均释放量的比较

根据原型引诱剂(M-99引诱剂)研制生产的蛀干类害虫引诱剂在推广应用中发现,主要引诱活性成分仅15天左右释放殆尽,仅剩空瓶。在华东地区,松褐天牛成虫主要发生期为5月下旬至7月下旬,约60余天^[15]。为了有效诱杀成虫,林间应用原型引诱剂,需更换4次引诱剂;而使用缓释型引诱剂,只需更换1次。如果用于松褐天牛整个成虫期的种群动态监测,原型引诱剂就要更换多次。因原型引诱剂是释放性较强的流动液体,林间使用时,主要引诱活性成分集中于前4~6天释放,林间释放的活性成分浓度起伏较大,用于监测松褐天牛种群数量动态时,会出现相应的“峰谷”现象,影响监测的准确性;而缓释型引诱剂释放引诱活性成分的速率相对平稳,能较准确地监测松褐天牛种群数量的变化规律。

江省5个市县林间引诱松褐天牛成虫活性的对比测试。前者平均诱获松褐天牛成虫47.2头,后者44.7头,缓释型引诱剂比原型引诱剂平均略低2.5头。除杭州市余杭区、绍兴市试验观测点原型引诱剂诱获数量高于缓释型引诱剂外,其余三地缓释型引诱剂诱获数量均高于原型引诱剂。缓释型引诱剂活性成分的日均释放量仅为原型引诱剂的27.0%~27.8%,而引诱松褐天牛的活性与原型引诱剂基本相同。

图3为2006年原型引诱剂、缓释型引诱剂在浙

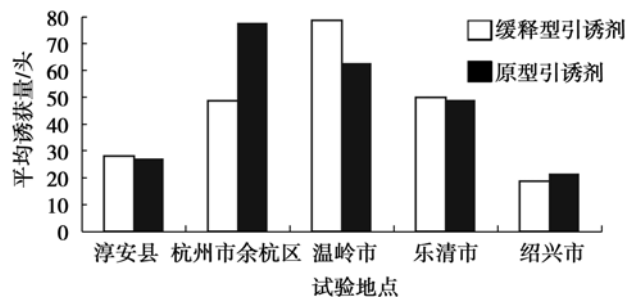


图3 2种引诱剂诱获松褐天牛成虫种群数量的对比

2.4 缓释型引诱剂诱捕的林木蛀干害虫种类

2004—2007年,在浙江省淳安县、乐清市、富阳市、仙居县试验观测点研究显示:缓释型松褐天牛引诱剂诱捕的林木蛀干害虫均为鞘翅目(Coleoptera)昆虫,共计29种,涉及叩甲科、长蠹科、天牛科、象虫科、小蠹科、大萐甲科和锹甲科7个科。据作者观察研究和文献资料的记载,这些昆虫皆为林木蛀干害虫^[16-21],其中,15种为松树蛀干害虫,占诱捕蛀干害虫总数的51.7%。松褐天牛、短角幽天牛、褐幽

天牛、小灰长角天牛和纵坑切梢小蠹从松材线虫疫木羽化逸出后,均可携带病原线虫^[4]。在东亚地区,松褐天牛是传播松材线虫最有效的昆虫媒介。其它4种蛀干害虫在松材线虫与寄主松树链接中的作用,至今未系统研究和报道。以原型引诱剂为活性制剂,经精细研制的缓释型引诱剂是一种以诱捕松褐天牛为主的、广谱性的蛀干类害虫引诱剂,其诱捕种类详见表1。

表1 缓释型引诱剂诱捕的鞘翅目蛀干害虫种类

科名	种名	科名	种名
叩甲科 (Elateridae)	丽叩甲(<i>Camposternus auratus</i> (Drury)) 眼纹斑叩甲(<i>Cryptalaus larvatus</i> (Candeze)) 筛胸梳爪叩甲(<i>Melanotus (Sphenicosomus) cribricollis</i> (Faldermann))	象虫科 (Curculionidae)	蚤瘦花天牛(<i>Strangalia fortunei</i> Pascoe) 狭胸桔天牛(<i>Philus antennatus</i> (Gyll)) 槐星天牛(<i>Anoplophora lurida</i> (Pascoe)) 松瘤象(<i>Hyposipalus gigas</i> Linnaeus) 马尾松角胫象(<i>Shirahoshizo patruelis</i> (Voss)) 福建树皮象(<i>Hylobius nitakensis fukienensis</i> Voss) 立毛角胫象(<i>Shirahoshizo erectus</i> Chen)
长蠹科 (Bostrychidae)	大竹蠹(<i>Bostrychopsis parallela</i> Lesne) 角胸长蠹(<i>Parabostrychus</i> sp.)	小蠹科 (Scolytidae)	马尾松梢小蠹(<i>Cryphalus massonianus</i> Tsai et Li) 纵坑切梢小蠹(<i>Tomicus piniperda</i> Linnaeus) 横坑切梢小蠹(<i>T. minor</i> Hartig) 阔面材小蠹(<i>Xyleborus validus</i> Eichhoff) 削尾材小蠹(<i>X. mutilatus</i> Blandford)
天牛科 (Cerambycidae)	短角幽天牛(<i>Spondylis buprestoides</i> (L.)) 松幽天牛(<i>Asemum amurense</i> Kraatz) 松褐天牛(<i>M. alternatus</i> Hope) 樟泥色天牛(<i>Uraecha angusta</i> (Pascoe)) 红足纓天牛(<i>Allotraeus grahami</i> Gressitt) 小灰长角天牛(<i>Acanthocinus griseus</i> (Fabricius)) 二点红天牛(<i>Purpuricenus spectabilis</i> Motsch) 四突坡天牛(<i>Pterolophia chekiangensis</i> Gressitt) 弧纹虎天牛(<i>Chlorophorus miwai</i> Gressitt) 桦虎天牛(<i>Xylotrechus clarinus</i> Bates)	大萐甲科 (Erotylidae)	戈氏大萐甲(<i>Episcopa gorhomi</i> Lewis)
		锹甲科(Lucanidae)	库光胫锹甲(<i>Odontolabis cuvera</i> Hope)

2.5 原型引诱剂、缓释型引诱剂有效作用半径的对比测定

2003年6月4日至7月2日,在杭州市余杭区良渚镇牛头山,分别距原型引诱剂和缓释型引诱剂诱源各40、60、70、80m处释放标记的松褐天牛成虫。在距诱源80m处,前者释放37头标记的松褐天牛成虫,后者释放40头,2种引诱剂均未诱获标记的松褐天牛成虫。距原型引诱剂和缓释型引诱剂各40、60、70m半径范围内,2种引诱剂均诱获相关颜色标记的松褐天牛成虫。在原型引诱剂和缓释型引诱剂试验地内,分别释放153、119头标记的松褐天牛成虫。放飞后,前者诱获率为43.8%,后者诱获率为42.0%。图4为2种引诱剂在不同距离范围内诱获标记松褐天牛的情况。测试结果表明:2种引诱剂的有效作用半径均为70m。距诱源60m处成虫诱获率最高,70m处次之,40m处最低。

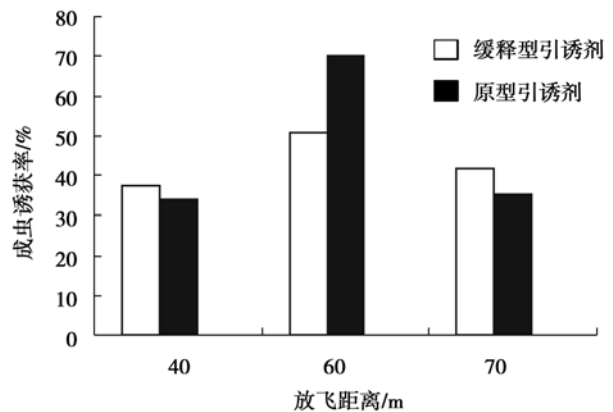


图4 不同放飞距离松褐天牛成虫诱获率

2.6 缓释型引诱剂监测松褐天牛成虫种群数量动态

图5为2005年浙江省淳安县姥山林场马尾松良种基地应用缓释型引诱剂监测的松褐天牛成虫种

群数量动态。由图5可见:松褐天牛成虫林间活动期始于5月下旬,终于9月底。雄成虫比雌成虫提前6~10天出现,推迟19~24天终止。马尾松林内,雄成虫、雌成虫的种群数量变异明显出现2个峰期。雄成虫高峰期为6月25日左右,次峰期为7月25—31日;雌成虫高峰期为7月1日左右,次峰期为7月31日左右。

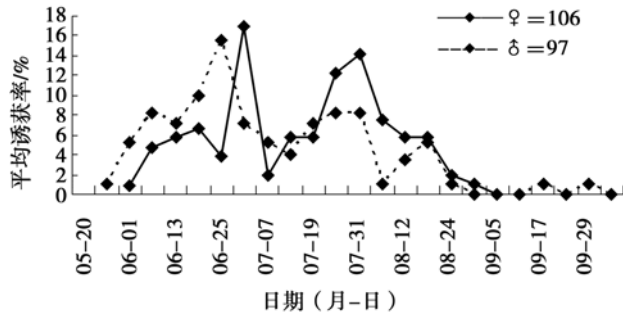


图5 缓释型引诱剂监测松褐天牛成虫种群数量动态

2.7 缓释型引诱剂监测短角幽天牛成虫种群数量动态

短角幽天牛幼虫钻蛀马尾松、赤松(*P. densiflora* Sieb. et Zucc.)、油松(*P. tabulaeformis* Carr.)和华山松(*P. armandi* Franch)等松类植物树干^[22]。松疫木内羽化逸出的短角幽天牛成虫,可携带病原线虫。监测发现,该成虫常伴随松褐天牛成虫发生。林间观察研究发现,该虫成虫种群的个体数量较高。2006年6月5—7日,1只诱捕器曾诱获108头成虫。图6为2004、2005年淳安县姥山林场马尾松良种基地设置7只缓释型引诱剂诱捕器监测的短角幽天牛成虫种群数量动态。由图6可见:短角幽天牛成虫每年均有2个峰期。2004年6月1—13日为主峰期,最高峰值为20.9%~22.0%;9月23—29日为次峰期,峰值为5.4%~7.0%。2年的检测均显示,在整个检测期内,有一段时间林间未监测到成虫:2004年为7月1日至8月12日,2005年为7月31日至8月24日,前者约40余天,后者约20余天。有关该虫的生物学特性,国内外一直未见系统报道,生活史不明。从缓释型引诱剂监测显示,在浙江省淳安县短角幽天牛1年出现2次成虫种群,第1次种群数量高,而第2次种群数量低。据此分析判断,该虫在淳安县1年发生1代为主,少数2代^[22]。

3 结论与讨论

(1) 松褐天牛是东亚诸国主要的松树蛀干害

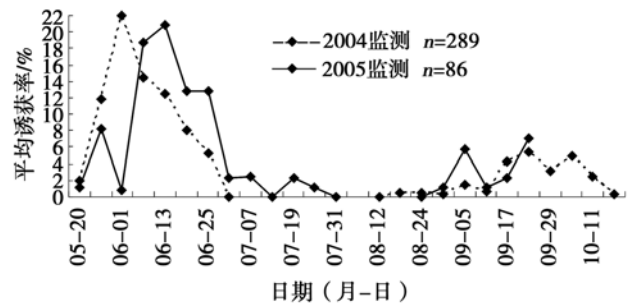


图6 缓释型引诱剂监测短角幽天牛成虫种群数量动态

虫,又是松林毁灭性病害松材线虫病的主要传播媒介。松材线虫病的发生和流行,与寄主植物、媒介昆虫密切相关。控制媒介昆虫松褐天牛是治理松材线虫病的切入点和关键环节。罹病松树的枝、干和根上均有松褐天牛幼虫的分布。松根上,幼虫集中分布在离地0~60 cm处,最深距地可达1 m^[23]。幼虫生活隐蔽,特别是居于根部的幼虫,化学杀虫剂防治难以奏效。松褐天牛成虫是该虫唯一裸露空间的虫态,具有取食、交配等群体活动行为。松褐天牛成虫利用松树释放的化学信息素确定自己的飞行行为,从而准确地找到需取食、产卵的寄主松树。按松树释放物质的主要成分配制引诱制剂,并经缓释基质充分吸收研制的松褐天牛缓释型引诱剂,比原型引诱剂能更准确地监测松褐天牛成虫的种群数量动态,更经济、有效地诱杀松褐天牛成虫。林间应用后,引诱制剂和缓释基质均能生物降解,回归自然,达到无公害防控的目的。

(2) 在松褐天牛原型引诱剂研制的基础上,根据生产实践的需要,经实验室试验,筛选出2种对引诱活性制剂有较强吸附性的缓释基质。研究试制的缓释型引诱剂能有效控制引诱活性制剂的释放速率,较好地避免了引诱活性成分释放时的“峰谷”波动,使引诱活性成分较平稳地持续发挥引诱效果。缓释型引诱剂是植物源引诱剂研发的必然趋势,其引诱活性成分的日均释放量为0.9 g,可引诱以松褐天牛为主的29种林木蛀干害虫;引诱的林木蛀干害虫种类数量虽低于原型引诱剂(原型引诱剂可诱捕57种林木蛀干害虫,将另文发表),但对靶标害虫松褐天牛成虫的引诱活性基本一致,缓释型引诱剂避免了活性制剂的大量浪费。

松褐天牛缓释型引诱剂的作用半径初定为70 m。活性制剂释放覆盖面积,理论上推算为1.5 hm²,实际受地形、林相特别是风向和风速等多种因素的影响,常造成活性成分“气迹”移动速率不均

匀,影响其作用范围和诱捕效率。目前测定的松褐天牛缓释型引诱剂 70 m 作用范围和 43.8% 的成虫诱获率,仅为杭州市余杭区的试验数据,仅作为林间设置诱捕器间隔距离和估算松褐天牛成虫种群数量的参考值,精确参数有待多因素、多点测试,综合分析评定后方能确定。试验显示,原型引诱剂和缓释型引诱剂诱获标记松褐天牛成虫,诱获率的大小顺序均为 60 m 处 > 70 m 处 > 40 m 处,距引诱剂 40 m 处的诱获率反而小于 60 m 处。按常理推测,距引诱剂越近,释放的引诱活性成分浓度越高,易诱导松褐天牛成虫趋向飞行,成虫诱获率越高,但试验结果却相反。引诱剂释放的浓度过高,对引诱目标昆虫是否会产生干扰作用^[24],有待深入研究。

(3) 松褐天牛缓释型引诱剂能较准确地监测林间松褐天牛等松类主要蛀干害虫的成虫活动期及成虫种群数量动态,而并非仅仅监测成虫羽化期和成虫羽化种群数量动态。成虫活动期和成虫羽化期是 2 个不同的概念,后者先于前者出现和完成。成虫活动期是成虫个体羽化后,在林间飞行、觅食、交配和产卵等系列行为持续期,历期长达 150 天左右,显著地长于后者。松褐天牛缓释型引诱剂能有效诱杀松材线虫病的媒介昆虫和多种蛀干害虫,切断害虫与寄主的链接,起到一剂多治的引诱防治效果。

参考文献:

- [1] 赵锦年,应杰. 松墨天牛取食为害与松树枯死关系的研究[J]. 林业科学,1989,25(5):432-438
- [2] 杨宝君,王玉嫵,潘宏阳,等. 松材线虫病[M]. 北京:中国林业出版社,2003:47-48
- [3] 赵锦年. 松墨天牛幼虫生息坑道的研究[J]. 林业科学研究,2005,18(1):62-65
- [4] 杨宝君,朱克恭. 中国松材线虫病的流行与治理[M]. 北京:中国林业出版社,1995
- [5] Ikeda T, Oda K, Yamane A, et al. Volatiles from pine logs as the attractant for Japanese pine sawyer *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae) [J]. J Jap For Soc, 1980, 62(4): 150-152
- [6] 王玉嫵,舒超然,孙永春. 引诱剂试验初报[J]. 林业科学,1991,27(2):186-189
- [7] 池田俊弥. マツのマダラカミキソの誘引物質とその利用[J]. 森林防疫,1986(6):2-7
- [8] 张连芹,宋世涵,黄焕华. 利用引诱剂诱捕松墨天牛等甲虫的研究[J]. 林业科学研究,1992,5(4):478-482
- [9] 蒋丽雅,朋金和,周健生. 松褐天牛引诱剂 Mat-1 号的研究[J]. 森林病虫通讯,1997(3):5-7
- [10] 赵锦年,蒋平,吴沧松. 松墨天牛引诱剂及引诱作用研究[J]. 林业科学研究,2000,13(3):262-267
- [11] 黄金水,何学友,杨希. FJ-MA-02 引诱剂林间松墨天牛引诱效果及应用[J]. 福建林业科技,2005,32(3):1-5
- [12] 颜福彬,林雪峰,吴敏霞. 应用 M-99 引诱剂防治松褐天牛效果初探[J]. 华东森林经理,2006,20(1):49-51
- [13] 赵锦年,蒋平,吾中良. 蛀干类害虫引诱剂:中国, ZL03115289.9[P]. 2005-08-31
- [14] 张星耀,骆有庆. 中国森林重大生物灾害[M]. 北京:中国林业出版社,2003:19-25
- [15] 赵锦年. 松墨天牛成虫行为反应的研究[J]. 林业科学研究,2005,18(5):628-631
- [16] 萧刚柔. 中国森林昆虫[M]. 北京:中国林业出版社,1983:453-637
- [17] 张世权. 华北天牛及其防治[M]. 北京:中国林业出版社,1994:3-143
- [18] 陈世襄,谢蕴贞,邓国藩. 中国经济昆虫志:第一册 鞘翅目 天牛科[M]. 北京:科学出版社,1959
- [19] 殷蕙芬,黄复生,李兆麟. 中国经济昆虫志:第二十九册 鞘翅目 小蠹科[M]. 北京:科学出版社,1984
- [20] 赵养昌,陈元清. 中国经济昆虫志:第二十册 鞘翅目 象虫科[M]. 北京:科学出版社,1980
- [21] 赵锦年,张建忠,王浩杰. 马尾松蛀虫及其综合防治技术研究[J]. 林业科学研究,2004,17(专刊):15-23
- [22] 赵锦年,唐淑琴. 短角幽天牛成虫林间种群动态的监测研究[J]. 林业科学研究,2007,20(4):528-531
- [23] 王江美,赵锦年,陈卫平. 松材线虫病疫木伐桩(根)蛀干害虫种类及分布调查[J]. 江西林业科技,2009(3):38-40
- [24] 杜家纬. 昆虫信息素及其引用[M]. 北京:中国林业出版社,1988:169