

农林害虫诱捕器应用技术

田厚军¹, 张洁², 林硕¹, 陈艺欣¹, 赵建伟¹, 陈勇^{1*}

(1. 福建省农业科学院植物保护研究所/福建省作物有害生物监测与治理重点实验室/农业部福州作物有害生物科学观测试验站, 福州 350013;

2. 云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所/云南省农业生物技术重点实验室, 昆明 650223)

摘要: 随着我国农作物绿色防控体系的不断完善和升级, 害虫治理由化学防治到综合治理再到生态防控进行转移, 诱杀技术已成为害虫生态防控的核心技术之一。昆虫诱捕器的研制已发展成由简单到复杂, 功能更加多样和实用, 现广泛应用在蔬菜、果树、花卉、茶叶、森林等农作物和林业植被的害虫诱杀方面, 并取得了显著成效, 期望未来在绿色植保中发挥更大作用。本文从农林作物害虫的监测和诱杀防治的角度考虑, 对不同构造以及诱集昆虫种类的诱捕器进行了分类, 阐述了诱捕器的悬挂高度、布设密度、形状、大小和颜色以及诱芯载体颜色、光源波长等因素对害虫诱捕效率的影响, 旨在为农林害虫的绿色防控提供专业的技术指导。

关键词: 昆虫诱捕器; 悬挂高度和密度; 颜色; 形状; 引诱剂

中图分类号: Q965 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9261(2020)06-0963-09

Application Technique of Agriculture and Forestry Pests Traps

TIAN Houjun¹, ZHANG Jie², LIN Shuo¹, CHEN Yixin¹, ZHAO Jianwei¹, CHEN Yong^{1*}

(1. Institute of Plant Protection, Fujian Academy of Agricultural Sciences/Fujian Key Laboratory for Monitoring and Integrated

Management of Crop Pests/Fuzhou Scientific Observing and Experimental Station of Crop Pests of Ministry of Agriculture,

Fuzhou 350013, China; 2. Biotechnology and Germplasm Resources Institute, Yunnan Academy of Agricultural

Science/Yunnan Provincial Key Laboratory of Agricultural Biotechnology, Kunming 650223, China)

Abstract: With the continuous improving and upgrading of China's crop green prevention and control system, pest control is transferred from chemical control to comprehensive control and then to ecological control, the technology of trapping and killing has become one of the important measures of ecological prevention and control of pests. The functions of insect traps are more diverse and practical, which are now widely used in trapping agricultural and forestry pests of crops and forest vegetation such as vegetables, fruit trees, flowers, tea and forests, and have achieved remarkable results. We expect that the insect traps play a bigger role in green plant protection in the future. In this paper, the traps with different structures and insect species were classified from the perspectives of monitoring and control of agricultural and forestry crop pests, the height, layout density, shape, size and color of the trap, as well as the color of trapping lures carrier and the wavelength of light source also have an important impact on the trapping efficiency of pests, aiming to provide professional technical guidance for the green prevention and control of agricultural and forestry pests.

Key words: insect traps; suspension height and density; color; shape; attractant

收稿日期: 2020-03-23

基金项目: 福建省农业科学院青年英才百人计划基金 (YC2019003); 福建省属公益类科研院所基本科研专项 (2019R1024-3, 2018R1025-7, 2019R1024-2); 国家自然科学基金 (31871936); 福建省农业科技重大专项 (2017NZ0003-1-4); 福建省农业科学院创新团队项目 (STIT2017-3-2); 云南省应用基础研究计划项目 (2016FB063, 2018FA020); 云南省中青年学术技术带头人后备人才项目 (2015HB081)

作者简介: 田厚军, 硕士, 助理研究员, E-mail: tianhoujunbest@163.com; *通信作者, 博士, 副研究员, E-mail: chen0903@163.com。

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2020.04.007

昆虫诱捕法是利用性信息素或聚集信息素以及信息素与植物源引诱剂联合诱捕防治害虫的方法,也称为诱杀法。诱捕器是对虫情早期预测预报及诱杀防治的一种重要工具。诱捕器可与人工合成的昆虫性信息素和聚集信息素配套使用,在害虫监测和防治中效果显著^[1,2],目前广泛应用于蔬菜、果树、花卉、茶叶、森林等农作物和林业植被的农林类害虫的诱杀方面。国内外学者对不同类型的诱捕器防治效果研究发现,诱捕器的悬挂高度、布设密度、形状和颜色以及诱芯的颜色、光源波长等都对害虫的诱捕效果有重要的影响^[3-13],甚至还直接影响诱雌或诱雄能力^[14]。

诱杀技术是害虫绿色防控的核心技术之一,具有灵敏度高、不污染环境、不接触作物、对非靶标生物安全等优点。当前,我国也在大力推广农作物绿色防控技术,通过各种绿色、生态防治手段的实施将化学农药的使用量降到无公害阈值以下,提升农产品品质和安全水平,保护生态平衡。害虫诱捕器的研究也趋于节能减排、节本增效的方向。诱捕器技术的受众主要面向基层一线农技人员和广大老百姓,用于诱捕防治的诱捕器一般要求使用方便、实用、经济、环保。相比传统诱捕器,新型诱捕器则能充分发挥昆虫信息素、植物源增效物质、太阳能 LED 光源、诱捕器颜色、形状等优势互补,根据靶标害虫特有的生活习性适时调整诱捕器高度和密度以最大限度地提高诱捕效果。害虫诱捕器在绿色防控中发挥了巨大的作用,但在实际应用过程中操作或使用不当也会影响诱捕效率,因此,正确的诱捕器使用方法会起到事半功倍的效果。随着新型诱捕器装备研制的不断升级,市场应用前景将更加广阔。本文综合了目前市售及国外文献报道的不同类型诱捕器以及对适合防治的害虫种类进行了系统的分类和归纳,旨在为农林害虫的绿色防控提供专业的技术指导和依据。

1 害虫诱捕器原理

诱捕器主要是针对昆虫的趋光性和趋化性来设计的,同时根据不同昆虫的爬行或飞行行为的差异对诱捕装置结构进行改造,增加陷阱使昆虫易进难出,达到诱杀的目的。不同昆虫的行为特性特别是接收外界信息物质的器官不尽相同,生活方式(如群居型和散居型)也不相同^[15],因此,设计一个高效的诱捕器往往也变得更加复杂。昆虫趋光性是指昆虫通过其视觉器官(复眼和单眼)中的感光细胞对特定范围光谱产生感应而表现出定向活动的现象^[16],一般昆虫所感知的波长为 253~700 nm。颜色和光在本质上是相同的,物质的颜色与该物质反射的光波紧密相关。因此,昆虫的趋色性也具有某种程度的趋光性,趋光性应用于傍晚或夜间活动的昆虫,而趋色性则更多应用于白天活动的昆虫。

昆虫趋化性是昆虫对植物挥发物、昆虫信息素及其类似化合物所做出的趋性反应,有正、负趋性之分,对昆虫的觅食、求偶、交配、防御天敌以及寻找适宜产卵场所具有重要的意义^[17]。正趋化性表现为扩散的气味分子达到一定浓度时,引诱某种昆虫聚集到该种气味发源地来。

2 农林害虫诱捕器结构与功能

害虫诱捕器种类多样,本文根据诱捕器的结构和诱集昆虫的种类进行了分类(表 1,图 1)。

2.1 以诱捕器结构划分

2.1.1 桶形诱捕器 主要由集虫桶、漏斗盖、立柱、挂钩组成。在集虫桶上面设有漏斗盖,漏斗盖中间有一上天下小的漏斗伸入集虫桶中,支撑漏斗盖的边沿上有四根立柱,上盖的下面对应的有相同数量的柱帽,正好套在立柱上,上盖中央向下有一个装载信息素挂钩;漏斗盖的下边沿设有与集虫桶上边沿同等数量的卡槽与卡箍连接。使用时往收集害虫的陷阱桶中加入 1/3 的洗衣粉溶液,将集虫桶旋入连接件的卡槽中扣合好;最后用铁丝两端分别穿过露在遮雨盖顶部的两个长支柱孔,拧紧固定备用。诱捕器的悬挂高度根据树木的实际高度进行调整,距地面 1.5~2 m 处悬挂最佳。

2.1.2 船形诱捕器 包括船形盖板,粘虫板和挂钩。首先将 4 个挂钩分别插入上盖的挂梢,并将挂钩往下按卡紧,撕开粘虫板,并沿着折痕折叠起来,粘虫板有涂胶的一面朝上,勾到 4 个挂钩上;然后诱芯呈“S”形嵌入于诱芯柄的锯齿槽内,固定于柄上,并用剪刀沿诱芯封口剪开向下的一端,并把诱芯柄插入上盖中间槽,然后向左或向右旋转 90°,从而将其固定于上盖,调节诱芯位置,剪过口的一端与粘虫板相距不超过 1 cm;最后将装有诱芯的诱捕器固定于杆上。

当使用毛细管诱芯时,剪开包装袋的封口取一根毛细管诱芯,只要把诱芯按照“S”形嵌入诱芯柄即可;对橡皮头诱芯而言,用铁丝把诱芯固定在诱芯柄,诱捕器与地面距离不得超过 0.8 m,但要高于蔬菜顶部约 8~12 cm 左右,也可根据作物实际高度做适当调整。

2.1.3 三角形诱捕器 主要由三角形盖板、粘虫板和放置篮组成。诱芯可放在放置篮中,放置篮放入诱捕器顶端圆孔内,则诱芯距离底面 1~2 cm;诱捕器可用长铁丝悬挂孔或树干。蔬菜或矮生植物田地悬挂时,诱捕器底部应距离作物顶部 10~15 cm;对于较高的树木,诱捕器应悬挂于树冠中下部的阴面开阔处;为防止粘虫板滑落,可用曲别针将其固定。

2.1.4 漏斗式诱捕器 主要由顶盖、漏斗、集虫桶组成。先将顶盖的 3 个圆孔与一串漏斗的三个圆孔对齐后,用螺丝钉旋转拧紧固定,把漏斗一层一层向下拉,将小漏斗套在白色集虫桶内,再将配套的集虫筒旋在最下面的漏斗上,用铁丝穿过诱芯孔;最后把诱芯系在 6 层漏斗诱捕器上。诱捕器挂的高度以苗木高度为准,一般为 1.5~2 m;一般相对固定悬挂于一个地方,重点治理区每 667 m² 挂设 2~3 套;一般治理区每 10000 m² 挂设 3~5 套;监测用每 1 套/10000 m² 即可。

2.1.5 风吸式诱捕器 该诱捕器主要有三种:方框形、喇叭形和长方形。从上到下依次为上灯座、塑料壳体和集虫网罩,上灯座的下端设有诱虫光源和诱芯,上灯座和塑料壳体有数根连接柱固定连接,塑料壳体内设有向下吹风的风扇,风扇的下方设有下大上小的安全栅栏。

在茄果类蔬菜大棚中悬挂时采用“品”字型方式设置诱捕器,即大棚端头各放 1 个(安装在大棚的同一侧,诱捕器的开口朝向大棚内),中间两侧各 1 个(安装在大棚的两侧,诱捕器的开口朝向有 2 个诱捕器的那侧),诱捕器悬挂距蔬菜顶部 20 cm 处。

2.1.6 挡板诱捕器 该诱捕器包括顶盖、挡板、底盖、漏斗、集虫桶。诱芯放置篮安装在挡板上,挡板上设有顶盖,下有底盖,中间有漏斗,集虫桶接于漏斗下部;漏斗卡眼与挡板的卡脚用力往内侧卡紧。使用时,把引诱剂悬挂在诱捕器诱芯放置篮处,再用铁丝穿过诱捕器顶盖的小孔悬挂固定。重点、主要治理区悬挂诱捕器 1~3 套/667m²;一般治理区悬挂 3~5 套/hm²;作虫情监测时,1 套/hm² 即可。

2.1.7 拱形诱捕器 该诱捕器由可折叠平板、诱芯、粘虫纸构成,采用平板式可折叠结构,折叠组合后形成拱形。安装时,将诱捕器板折成拱形,一端沿折线对折定型,诱捕器有卡头端插入另一端的卡口,两个卡头都插入卡口;再将诱芯置于拱形顶部挂钩上(封口不撕开),将粘纸板放于诱捕器下部平板上,慢慢揭开粘虫板,等待放置。在使用时把安装好的诱捕器放于畦面作物间,每 5~10 m 放一个诱捕器,放置 5~10 套/667m²。

2.2 以诱捕害虫种类划分

2.2.1 甲虫诱捕器 该诱捕器由可折叠粘虫板、诱芯、隔离纸构成,采用平板式可折叠结构,折叠组合后形成立体状。安装时首先将包装中的诱捕器打开,按照折痕折成屋型形状,撕掉底部的纸膜,露出可降解粘虫板;然后取出一枚甲虫信息素诱芯,粘到诱捕器底部粘虫胶的中间部位;最后将诱捕器顶部敞开处插紧。将安装好的诱捕器置于避光处,可以通过底部的小孔悬挂在离地面 1~2 m 的墙壁上。

2.2.2 金龟子诱捕器 包括顶盖、漏斗型装置、交叉挡板和集虫袋。交叉挡板设于顶盖的下方,漏斗型装置设于交叉挡板之间,集虫袋设于漏斗型装置的下方,调节漏斗型装置间距,从而大幅提升诱捕器的捕捉效率。使用时,诱捕器通过十字交叉板两侧的螺孔绑到非寄主的树干上固定,诱捕器十字交叉板高度与金龟子经常性起飞高度相同;作虫情监测时,1 套/hm²,即每隔 100 m 挂一套;防治时,3~5 套/hm²,即每隔 45~60 m 挂一套。

2.2.3 甘薯小象甲诱捕器 商品化甘薯小象甲诱捕器包括顶盖、诱芯放置篮、支柱、集虫盖、集虫桶。顶盖上设有诱芯放置篮,顶盖与集虫盖由数根支柱通过卡扣连接,集虫盖顶端有开口,诱芯放置篮可通过集虫盖上的开口深入到集虫桶中,集虫盖与集虫桶可通过卡槽旋转拧紧。

甘薯小象甲诱捕器自制比较简便,把一圆形塑料瓶距瓶口 1/3 处切开,上部倒扣入瓶内;用铁丝做一“U”形钩子,把塑料瓶盖钻孔套入;把做好的钩子用胶布固定在瓶体上,把象甲诱芯嵌入钩子上备用。将诱捕器下盖中加入洗衣粉溶液,平放在甘薯小象甲防治区域的地面上;当用于害虫的监测时,一般每公顷设置 2 套诱捕器;田间防治小象甲时,每隔 10 m 设置一套诱捕器,呈棋盘状分布。

2.2.4 白蜡窄吉丁诱捕器 主要由顶盖、挡板、收集桶、漏斗、诱芯悬挂框组成。首先将顶盖下侧分别与两片挡板上侧的柱形圆桩用螺丝拧紧，两片挡板的两组“U”型凹槽相互卡接，用螺丝将挡板的下侧端与漏斗柱形圆桩拧紧；然后收集桶与漏斗的下端螺纹口拧紧；最后将诱芯置于悬挂框中，顶盖、挡板和漏斗的表面均匀涂抹粘虫胶。使用时，将引诱剂的缓释瓶和缓释袋固定到诱捕器悬挂框中，诱捕器固定在白蜡树干1~1.3 m处；作虫情监测时，1套/hm²，即每隔100 m挂一套；防治时，3~5套/hm²，即每隔45~60 m挂一套。



1: 桶形诱捕器 Barrel traps; 2: 漏斗式诱捕器 Funnel traps; 3: 挡板诱捕器 Baffle traps; 4: 风吸式诱捕器 window flight traps; 5: 船形诱捕器 Boat traps; 6: 太阳能LED船形诱捕器 Solar energy LED Boat traps; 7: 三角形诱捕器 Triangle traps; 8: 拱形诱捕器 Arch traps; 9: 金龟子诱捕器 Beetle traps; 10: 甘薯小象甲诱捕器 Weet potato weevil traps; 11: 甲虫诱捕器 Beetle traps; 12: 白蜡窄吉丁诱捕器 *Agrilus planipennis* traps; 13: 小蠹虫诱捕器 Bark beetle traps; 14: 天牛类诱捕器 Longicorn traps; 15: 蛾类高效诱捕器 Moths efficient traps; 16: 夜蛾类诱捕器 Night moth traps; 17: 实蝇类诱捕器 Fruit fly traps.

注：以上诱捕器购自北京中捷四方生物科技股份有限公司、北京格瑞碧源科技有限公司、漳州英格尔农业科技有限公司、泉州绿普森生物科技有限公司，部分进行改制。

Note: The above traps were purchased from Beijing Zhongjie Sifang Biotechnology Co., Ltd., Beijing greibeyuan Technology Co., Ltd., Zhangzhou Yinger Agricultural Technology Co., Ltd. and Quanzhou lypson Biotechnology Co., Ltd., some of which were restructured.

图1 不同类型诱捕器

Fig. 1 Different types of traps

表 1 农林害虫诱捕器类型

Table 1 Trap types for agricultural and forest pests

类型	名称	适用害虫诱捕范围	主要适用植物	参考文献
Type	Name	Suitable for insect trapping range	Main application plant	References
诱捕器结构 Trap structure	桶形诱捕器	夜蛾科害虫、绿盲蝽	棉花、桑、枣、葡萄、麻类、豆类、玉米、马铃薯、瓜类、苜蓿、药用植物、花卉、十字花科蔬菜、水稻等	[19-23]
	船形诱捕器	梨小食心虫、桃小食心虫、大豆食心虫、豇豆荚螟、玉米螟、稻纵卷叶螟等鳞翅目害虫	桃、梨、豆科植物、玉米、水稻、十字花科蔬菜	[24-26]
	三角形诱捕器	梨小食心虫、桃小食心虫、金纹细蛾、苹小卷叶蛾、国槐小卷蛾、小菜蛾、烟青虫、螟蛾科亚洲玉米螟等小型害虫	桃、梨、苹果、沙果、海棠、山定子、山楂、刺槐、国槐、龙爪槐、蝴蝶槐、黄金槐、红豆树、豆科植物、玉米、水稻、十字花科蔬菜	[27-29]
	漏斗式诱捕器	鞘翅目害虫	松树、柏树、柳树、榆树、核桃、柑橘、苹果、桃、茶、棉花、小麦、玉米、高粱、甘蔗和麻	[11,13,30-32]
	风吸式诱捕器	斑潜蝇科昆虫	黄瓜、番茄、茄子、辣椒、豇豆、蚕豆、大豆、菜豆、西瓜、冬瓜、丝瓜	[6,33,34]
	挡板诱捕器	鞘翅目昆虫	松树、柏树、柳树、榆树、核桃、柑橘、苹果、桃、茶、棉花、小麦、玉米、高粱、甘蔗、麻等	[11,13,32,35]
	拱形诱捕器	烟草甲虫、黄曲条跳甲等鞘翅目昆虫	烟草、谷物，豆类，油料等粮食，甘蓝、花椰菜、白菜、萝卜、芜菁、油菜、番茄、黄瓜、丝瓜、豆类等十字花科和茄果类蔬菜	[36]
	水盆诱捕器	棉铃虫、二化螟等蛾类昆虫	棉花、水稻、茭白、玉米、高粱、甘蔗、油菜、蚕豆、麦类、芦苇等	[37-39]
	粘虫色板	蓟马类、粉虱、蚜虫、斑潜蝇、木虱、盲蝽、茶小绿叶蝉等小型害虫	节瓜、冬瓜、西瓜、苦瓜、番茄、茄子及豆类蔬菜，桃、梨、桑、茶、麦、棉花、云杉等	[3,40-43]
	甲虫诱捕器	一些鞘翅目害虫的防治	松树、柏树、柳树、核桃、柑橘、苹果、桃、茶、棉花、小麦、玉米、高粱、甘蔗、麻等	[1,11,44,45]
昆虫种类 Species of insect	金龟子诱捕器	金龟子的防治，常见的有铜绿金龟子、大黑金龟子、斑喙丽金龟子、明亮长脚金龟子、暗黑金龟子等	苹果、山楂、梨、李、杏、樱桃等果树	[46-48]
	甘薯小象甲诱捕器	甘薯小象甲	甘薯、蕹菜、野牵牛、登瓜薯、月光花等旋花科植物	[49,50]
	白蜡窄吉丁诱捕器	白蜡窄吉丁	绒毛白蜡、白蜡、水曲柳、花曲柳	[51,52]
	小蠹虫诱捕器	落叶松八齿小蠹、柏肤小蠹、角面长小蠹、杯长小蠹、小杯长小蠹等小蠹虫	落叶松、侧柏、桧柏、杉树等树木	[53]
	天牛类诱捕器	天牛类等鞘翅目害虫	松树、柏树、柳树、榆树、核桃、柑橘、苹果、桃、茶、棉花、小麦、玉米、高粱、甘蔗和麻	[14,32,35]
	蛾类高效诱捕器	棉铃虫、二化螟、稻纵卷叶螟、玉米螟等害虫	棉花、水稻、玉米等作物	[54,55]
	夜蛾类诱捕器	斜纹夜蛾、甜菜夜蛾、草地贪夜蛾等夜蛾类害虫	甘薯、棉花、芋、莲、田菁、大豆、烟草、甜菜、玉米、水稻以及十字花科和茄果类蔬菜	[22,56]
	实蝇类诱捕器	橘小实蝇、瓜实蝇等害虫	芒果、番石榴、番荔枝、阳桃、枇杷等果树，黄瓜、西葫芦、丝瓜、苦瓜、南瓜等葫芦科植物	[57,58]

2.2.5 小蠹虫诱捕器 主要由顶盖、交叉板、漏斗、挂钩、过滤网、集虫瓶组成。将一个交叉板插入到另一个交叉板中,形成十字交叉板,有豁口的一段为下端;顶盖与十字交叉板顶部的挂钩连接,将漏斗与十字交叉板底部的挂钩连接,过滤网平放在漏斗和交叉板之间,将变径拧在漏斗下部,集虫瓶套在变径下部;最后将诱芯悬挂在十字交叉板下端的豁口中。使用时,对于直径小于 25 m 的林地,诱捕器应设在地块的边缘,距离健康树 10~15 m;直径大于 25 m 的林地,诱捕器应设在林地当中空地的非寄主树干上,高度根据虫的种类和生物学习性而定。

2.2.6 天牛类诱捕器 主要由挡板、漏斗、集虫桶、挂钩等组成。将两片挡板交叉组成十字型后,将内侧卡扣扣紧,用 4 颗螺丝钉分别固定顶盖与挡板上端 4 个角,再用 4 颗螺丝钉固定挡板下端 4 个角与漏斗的连接孔,用螺丝刀旋转拧紧;然后将集虫桶与底部漏斗处旋转卡扣固定,再将“S”型挂钩钩在矩形孔上端的圆孔处,取出诱芯袋,将诱芯挂于钩子上。诱捕器通过顶端的挂钩固定在非寄主的树干上,诱捕器集虫瓶底部离地面距离不小于 1.5 m。

2.2.7 蛾类高效诱捕器 该诱捕器包括顶盖、导虫器上下锥台、集虫器、诱芯连接杆。首先将导虫器上锥台扣在下锥台凹槽上,将装好锥台的尖端旋入集虫器旋转固定好;然后将顶盖扣到集虫器的顶部,确保不易滑落且封闭;最后将诱芯固定在诱芯连接杆上,再将连接杆插入锥台底部两侧孔内。置于田间时,悬挂高度为距离喇叭口底部距地面 0.5~1 m 处为佳。

2.2.8 夜蛾类诱捕器 本诱捕器可与太阳能 LED 灯板配套使用,利用光源、植物源、性诱、陷阱装置的组合。先将塑料漏斗放入主体内,通过主体中间凹槽,固定于主体中间位置,用螺丝将入口板固定于主体内部,入口板突起朝内侧;再将上盖旋于主体上端,螺旋口旋于主体下端,在诱捕器的下端连接集虫桶。使用时,将诱芯呈“S”形嵌入于诱芯柄的锯齿槽内,固定于柄上。放置时,悬挂至高度离地约 1.2 m,但根据实际作物高度应作适当调整;诱捕器以“外围密,中间稀”的原则悬挂,1 套/667m²。

2.2.9 实蝇类诱捕器 依据捕获实蝇的方式不同分为干型诱捕器、湿型诱捕器和干湿综合型诱捕器^[18],根据诱捕器构造分为筒形实蝇诱捕器和倒扣式实蝇诱捕器。

①筒形实蝇诱捕器:把诱捕器瓶盖旋开,剪开诱蝇剂封口,把药剂缓慢滴在圆纸片上至完全吸收,将瓶盖旋上,用铁丝穿过瓶盖上端的凸起圆孔并绑在竹竿上。②倒扣式实蝇诱捕器:从引诱剂塑料小瓶中取出 1 mL 引诱剂滴到圆形纸板上,放到诱捕器的诱芯放置篮中;将诱芯放置篮固定到火锅式底座的进虫口处;再将吊桶置于火锅式底座上,卡头置于卡槽处扣好,旋转拧紧。使用时,1~2 个/667m²,位置采用“外围密,中间疏”的原则,悬挂位置为被悬挂物的中下部;在虫口低密度时开始,可先安装 1~2 套/hm² 预报虫害。

3 诱捕效果影响因素

不同诱捕器类型对一些特定昆虫有着不同的诱集效率^[59]。不同口径陷阱诱捕器、不同边长三角形诱捕器都会导致对梨小食心虫的防治效果有差异^[60]。在诱捕器形状上,对红缘天牛 *Asias halodendri* Pallas 的诱捕效率依次为漏斗诱捕器>十字诱捕器>挡板诱捕器>船式诱捕器^[13];诱捕器形状对腐木甲虫诱剂效率影响显著,单板飞翔拦截诱捕器比交叉挡板飞翔拦截诱捕器诱捕效率更高^[33];漏斗诱捕器的诱捕效果要明显好于拦截板诱捕器,特别是针对小蠹科,这与漏斗诱捕器的结构密切相关^[11];以上研究表明,诱捕器尺寸和形状能显著影响害虫的诱捕效率。

不同种类的传粉昆虫偏爱特定颜色的诱捕器,并且盘式诱捕器比马氏诱捕器的诱集效率高^[40];绿色诱芯对大豆食心虫 *Leguminivora glycinivorella* (Matsumura) 的引诱效果最好^[8];黄色拦截板诱捕器对拟凸眼绢金龟 *Ophthalmoserica rosinae* Pic 的诱捕效果最好,紫色拦截板诱捕器对斑额负葬甲 *Nicrophorus concolor* Kraatz 的诱捕效果最好,绿色拦截板诱捕器对蠋步甲 *Dolichus halensis* (黄角变型) 的诱捕效果较好^[11];形状和颜色不仅能显著影响松墨天牛成虫的诱捕效果,还直接影响诱雌或诱雄能力,柱形诱捕器诱捕效果显著优于棱形诱捕器,褐色诱捕器显著高于红色诱捕器和黄色诱捕器诱虫量,仅银色诱捕器诱到的成虫雌性比例显著高于其他颜色诱捕器诱得成虫雌性比例^[14]。

在诱捕距离上,研究发现在 0~3 m 范围内,随着诱捕器高度的增加对松墨天牛引诱量逐渐增加^[9]。水盆形诱捕器虽然受外界因素如定期加水、洗衣粉、捞蛾、诱芯落入水中等影响较大,但在对二化螟的监测

上,比桶形诱捕器和笼罩诱捕器的效果要好^[38]。

4 讨论

随着我国绿色防控技术体系的持续发展,昆虫诱捕器在农林害虫中的应用越来越广泛,诱捕器形状多种多样,结构千差万别,诱捕效果也不尽相同。有些诱捕器可以针对不同种类的昆虫进行防治,如船形诱捕器、粘虫色板和水盆形诱捕器等。除了白蜡窄吉丁诱捕器、小蠹虫诱捕器、天牛类诱捕器外,大多数诱捕器对蛾类昆虫均具有一定的诱捕作用。与此同时,根据不同原理设计的诱捕器诱捕害虫的广谱性和专一性之间存在矛盾。比如通用型杀虫灯诱捕害虫达13个目近1300种^[61],这其中既有害虫也有益虫,给天敌昆虫资源造成了巨大的伤害。但是,害虫危害性往往表现在多种害虫同时发生,诱捕单一性会造成工作量的增加,资源浪费^[62]。因此,可考虑具有类似诱捕方式的害虫诱捕器携带多种害虫诱芯,既提高了诱捕效果,同时也避免了相近物种的性诱芯交叉影响。

除了诱捕器颜色、形状、尺寸、设置距离外,诱芯中的缓释载体对诱捕器诱捕效果发挥着至关重要的作用,项目组测定了PVC毛细管、凸起硅胶头或橡胶头、两亲嵌段共聚物胶束、基于多碳纳米管的性信息素微胶囊等缓释载体的释放效果,发现基于多壁碳纳米管的性信息素微胶囊和两亲嵌段共聚物胶束的持效期、性信息素释放率都比较好,对小菜蛾和斜纹夜蛾控制效果更好^[63,64]。同时,诱捕器在使用过程中还应注意一些事项:①由于引诱剂大多数属于易燃品,在运输、储存和使用过程中应遵守国家易燃品安全管理的有关规定;②引诱剂特别是性信息素的高度专一性,安装不同种类昆虫的诱芯时,需要洗手或戴一次性手套,以免交叉污染;当一个诱捕器中放置两种诱芯时,避免信息素组分相近的昆虫诱芯同时释放,影响诱捕器效果;③信息素类物质易挥发,需要冷藏保存($-15\text{ }^{\circ}\text{C}\sim-5\text{ }^{\circ}\text{C}$),诱芯保存处应远离高温环境;④一旦打开诱芯包装袋应尽快使用完所有诱芯,同时要避免暴晒,减少挥发造成的损失。

因此,我们需综合考虑昆虫的生活习性、生存环境、诱杀成本和生态平衡等多方面因素,创制最佳的诱捕方案用于害虫的生态防治。现阶段诱捕器产品便携化、智能化程度低,在粘胶板和诱芯的更换上仍需要消耗大量的人力和时间,未来可将环境因子监测仪、物联网技术、化合物缓释技术等有效结合^[65],以及当前人工智能领域的先进技术应用到新型害虫诱捕器的研制中,将极大地提高害虫监测、诱捕的智能化水平,提高害虫测报设备的灵敏度和准确性^[66,18],促进害虫防控可持续发展。

参 考 文 献

- [1] Ross D W, Daterman G E. Using pheromone-baited traps to control the amount and distribution of tree mortality during outbreaks of the Douglas fir beetle[J]. Forest Science, 1997, 43(1): 65-70.
- [2] 郭娜娜,李成功,郑园园,等. 昆虫性信息素的研究进展[J]. 国际药学研究杂志, 2014, 41(3): 325-328.
- [3] Chandler L D. Evaluation of different shapes and color intensities of yellow traps for use in population monitoring of dipterous leafminers[J]. Southwestern Entomologist, 1981(6): 23-27.
- [4] Petrice T R, Haack R A, Poland T M. Evaluation of three trap types and five lures for monitoring *Hylurgus ligniperda* (Coleoptera: Scolytidae) and other local scolytids in New York[J]. The Great Lakes Entomologist, 2004, 37(1): 1-9.
- [5] 王争艳,鲁玉杰. 几种诱捕器对储粮害虫诱捕效果的评价[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2006, 27(1): 36-38.
- [6] 尉吉乾,沈颖,莫建初,等. 风吸式飞虫诱捕器防治斑潜蝇的效果研究[J]. 中华卫生杀虫药械, 2012, 18(2): 117-118, 120.
- [7] 赵志国,王鑫,冯帅,等. 不同边长三角形诱捕器诱捕梨小食心虫的研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2013, 33(2): 140-143.
- [8] 胡代花,冯俊涛,杨晓伟,等. 诱捕器类型、颜色及诱芯颜色对大豆食心虫引诱效果的影响[J]. 农药学报, 2014, 16(2): 230-234.
- [9] 陈龙,林强,李俊楠,等. 松墨天牛诱捕器空间位置的野外对比试验[J]. 福建林学院学报, 2014, 34(1): 11-14.
- [10] Therese M P, Deborah G M. Comparison of trap types and colors for capturing emerald ash borer adults at different population densities[J]. Environmental Entomology, 2014, 43(1): 157-170.
- [11] 刘璇. 不同诱捕技术对鞘翅目诱捕效果比较及昆虫多样性研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2015.
- [12] 常晓丽,武向文,杜兴彬,等. 黄色诱虫板对稻飞虱的诱集和防治效果[J]. 应用昆虫学报, 2016, 53(4): 892-900.
- [13] 阎雄飞,强大宏,刘永华,等. 不同诱捕器和引诱剂对红缘天牛的诱捕效果[J]. 山西农业科学, 2017, 45(2): 247-250, 262.

- [14] 伍苏然, 王凯, 袁素蓉, 等. 诱捕器形状及颜色对松墨天牛诱捕效果的影响[J]. 中国森林病虫, 2010, 29(1): 5-7.
- [15] 田厚军, 林硕, 陈艺欣, 等. 昆虫行为的左右非对称性研究进展[J]. 应用昆虫学报, 2018, 55(1): 12-18.
- [16] 边磊, 孙晓玲, 高宇, 等. 昆虫光趋性机理及其应用进展[J]. 应用昆虫学报, 2012, 49(6): 1677-1686.
- [17] 陈崇征. 昆虫趋化性及其应用[J]. 广西林业科学, 2000, 29(3): 119-121.
- [18] 王艳平, 汪兴鉴, 张润志, 等. 实蝇类昆虫的引诱剂和诱捕器[J]. 昆虫学报, 2009, 52(6): 699-706.
- [19] 章金明, 林文彩, 吕要斌, 等. 不同类型诱捕器对斜纹夜蛾雄蛾的诱捕效果比较[J]. 浙江农业科学, 2008, 1(4): 475-477.
- [20] 崔巍, 郑永利, 姚士桐, 等. 斜纹夜蛾性信息素诱捕器田间应用技术[J]. 昆虫知识, 2009, 46(1): 97-101.
- [21] 曹盼盼, 路常宽, 王晓勤. 绿盲蝽性诱剂在葡萄园诱捕效果及种群动态监测[J]. 植物保护学报, 2016, 43(3): 523-524.
- [22] 易龙, 田俊岭, 邱妙文, 等. 不同密度及类型的诱捕器对烟田斜纹夜蛾诱捕和防治效果影响[J]. 中国农学通报, 2018, 34(31): 147-151.
- [23] 王辉, 方彤晖, 薛宏贵, 等. 不同颜色粘虫板及性诱捕器对枣园绿盲蝽的诱集效果[J]. 果树学报, 2019, 36(5): 647-654.
- [24] 阎雄飞, 刘永华, 张楠. 4 种类型诱捕器对梨小食心虫引诱效果研究[J]. 安徽农学通报, 2010, 16(23): 114-115.
- [25] 姚士桐, 金周浩, 陆志杰, 等. 诱捕器设置高度对稻纵卷叶螟成虫监测效果的影响[J]. 中国植保导刊, 2012, 32(5): 48-49.
- [26] 章金明, 吕要斌, 林文彩, 等. 诱捕器形状对小菜蛾性诱剂诱捕效能的影响[J]. 浙江农业科学, 2012, 1(7): 1004-1007.
- [27] 陈炳旭, 陆恒, 董易之, 等. 亚洲玉米螟性诱剂诱捕器诱捕效果研究[J]. 环境昆虫学报, 2010, 32(3): 419-422, 426.
- [28] 陈丽娜, 刘文清, 庄华才, 等. 诱捕器与诱芯对小菜蛾的诱捕效果研究[J]. 农学学报, 2013, 3(3): 22-25.
- [29] 胡代花, 杨晓伟, 韩鼎, 等. 不同性诱剂对亚洲玉米螟的引诱效果及田间应用初探[J]. 农药学报, 2015, 17(1): 101-105.
- [30] 陈国发, 王艳军, 陈玉成, 等. 重齿小蠹信息素诱捕器设置技术的研究[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2009, 30(4): 284-288.
- [31] 孙守慧, 原忠林, 王中钰, 等. 信息化学物质对黄色梢小蠹野外诱集效果初报[J]. 中国森林病虫, 2007, 26(4): 26-27.
- [32] 李路瑶, 孟庆繁, 李燕, 等. 三种诱捕器对天牛科昆虫的诱集效率[J]. 应用昆虫学报, 2015, 52(5): 1305-1311.
- [33] Bouget C, Brustel H, Brin A, *et al.* Sampling saproxylic beetles with window flight traps: methodological insights[J]. Revue d'Écologie-La (Terre et La Vie), 2008, 63(2): 13-24.
- [34] 尉吉乾, 王道泽, 王国荣, 等. 不同色彩及改装的飞虫诱捕器对斑潜蝇的田间引诱性研究[J]. 植物检疫, 2012, 26(3): 21-23.
- [35] 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.
- [36] 林志平. 平板式可折叠成拱形桶状的黄曲条跳甲诱捕器[P]. 中国发明专利, 2010, CN2010207011926.
- [37] 盛承发, 王红托, 苏建伟, 等. 性信息素笼罩诱捕器和水盆诱捕器诱捕棉铃虫雄蛾效果比较[J]. 植物保护, 2001, 27(6): 7-9.
- [38] 苏建伟, 盛承发, 夏友保, 等. 二化螟性信息素应用技术: 笼罩诱捕器和筒形诱捕器[J]. 昆虫知识, 2001, 38(2): 145-148.
- [39] 盛承发, 何艳, 宣维健, 等. 性诱盆与频振灯在棉铃虫成虫动态监测中的作用比较[J]. 昆虫知识, 2002, 39(5): 343-345.
- [40] Campbell J W, Hanula J L. Efficiency of Malaise traps and colored pan traps for collecting flower visiting insects from three forested ecosystems[J]. Journal of Insect Conservation, 2007, 11(4): 399-408.
- [41] Blackmer J L, Byers J A, Rodriguez-Saona C. Evaluation of color traps for monitoring *Lygus* spp.: design, placement, height, time of day, and non-target effects[J]. Crop protection, 2008, 27(2): 171-181.
- [42] 王洪涛, 姜法祥, 陈敏, 等. 不同颜色粘虫板对茶园主要害虫的诱集效果[J]. 中国植保导刊, 2018, 38(6): 55-58.
- [43] 李炜, 李姣, 周新孝, 等. 不同材质、颜色粘虫板春季茶园绿色防控效果试验[J]. 云南林业科技, 2018, 6: 29-31.
- [44] 王谨. 平板式可折叠成立体形状的烟草甲虫诱捕器[P]. 中国发明专利, 2010, CN201020701195X.
- [45] 刘生冬, 孟昕, 孟庆繁, 等. 吉林蛟河阔叶红松林中甲虫(鞘翅目)群落时间动态分析[J]. 林业科学, 2018, 54(10): 80-88.
- [46] 梁庆友, 张连合, 王振华, 等. 果树的折叠式金龟子集捕器和开角工具[J]. 中国果树, 1995, 1: 40-41.
- [47] 曲明静, 鞠倩, 姜晓静, 等. 金龟子诱捕器[P]. 中国发明专利, 2009, CN2009202177636.
- [48] 姚海英. 阻隔式色诱技术防治明亮长脚金龟子效果研究[J]. 现代农业科技, 2010, 21: 185-186.
- [49] 荆慧荣. 用性诱剂诱捕法大面积防治甘薯小象甲[J]. 植保技术与推广, 1995, 6: 44-45.
- [50] 陈云平. 应用性诱剂诱捕防治甘薯小象虫试验[J]. 江西植保, 2000, 23(1): 26, 21.
- [51] Francesc J A, Oliver J B, Fraser I, *et al.* Influence of trap placement and design on capture of the emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae)[J]. Journal of Economic Entomology, 2008, 101(6): 1831-1837.
- [52] Ryall K L, Silk P J, Mayo P, *et al.* Attraction of *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) to a volatile pheromone: effects of release Rate, host volatile, and trap placement[J]. Environmental Entomology, 2012, 41(3): 648-656.

- [53] 杨松灵, 周祥. 简易橡胶小蠹虫诱捕器的制作与应用[J]. 广东农业科学, 2010, 10: 113-115, 128.
- [54] 范文忠, 唐英男, 潘业兴, 等. 不同诱捕器对水稻二化螟的诱杀效果及相关问题研究[J]. 江苏农业科学, 2010, 6: 177-178.
- [55] 姜玉英, 曾娟, 高永健, 等. 新型诱捕器及其自动计数系统在棉铃虫监测中的应用[J]. 中国植保导刊, 2015, 35(4): 56-59.
- [56] 许国庆, 罗礼智, 丛斌. 性信息素诱捕器与频振杀虫灯对甜菜夜蛾发生监测作用的比较[J]. 植物保护, 2006, 32(1): 77-79.
- [57] 杨学友. 果园实蝇诱捕器不同悬挂方位的诱捕效果研究初报[J]. 广西植保, 2009, 22(s1): 55-57.
- [58] 吴佳教, 李春苑, 刘海军, 等. 新式综合型实蝇诱捕器的研制[J]. 植物检疫, 2013, 27(2): 65-67.
- [59] Holland J D. Cerambycidae larval host condition predicts trap efficiency[J]. Environment Entomology, 2006, 35(6): 1647-1653.
- [60] 赵志国, 刘宝玲, 王鑫, 等. 不同口径陷阱诱捕器诱杀梨小食心虫研究[J]. 应用昆虫学报, 2013, 50(6): 1546-1552.
- [61] 冯勤军. 海盐县黄桃病虫害生态防治技术[J]. 林业科技情报, 2016, 48(1): 58-59.
- [62] 纪开燕, 曹兆阳. 诱捕器在林业害虫防控中的应用研究现状及展望[J]. 现代农业科技, 2017, 20: 132-134.
- [63] Chen Y X, Chen X Q, Chen Y, *et al.* Preparation, characterisation, and controlled release of sex pheromone-loaded MPEG-PCL diblock copolymer micelles for *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae)[J]. PLoS ONE, 2018, 13(9): e0203062.
- [64] 陈艺欣, 魏辉, 田厚军, 等. 一种基于多壁碳纳米管的昆虫性信息素微胶囊[P]. 中国发明专利, 2018, CN2016102537053.
- [65] 孔祥波, 张真, 王鸿斌, 等. 枯叶蛾科昆虫性信息素的研究进展[J]. 林业科学, 2006, 6: 115-123.
- [66] 蒋月丽, 郭予元, 武予清, 等. 昆虫对偏振光的响应及感受机理研究进展[J]. 昆虫学报, 2012, 55(2): 226-232.