

科学种田丛书

# 昆虫信息素防治害虫技术

石奇光编著



科学技术出版社

47  
2  
3

# 昆虫信息素防治害虫技术

石奇光 编著

上海科学技术出版社

**昆虫信息素防治害虫技术**

石奇光 编著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 祝桥新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 5.5 字数 73,000

1987年3月第1版 1987年3月第1次印刷

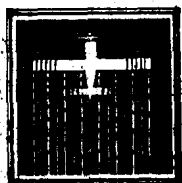
印数 1—3,000

统一书号: 16119·924 定价: 0.50元

# 目 录

序 言 .....	1
第一章 昆虫信息素的定义和生物学特性 .....	7
一、昆虫信息素定义 .....	7
二、生物学特性 .....	10
第二章 昆虫性信息素的制备和活性测定 .....	20
一、提取方法 .....	20
二、常见害虫性信息素提取 .....	23
三、生物测定方法 .....	25
第三章 昆虫性信息素测报技术 .....	28
一、诱捕器的种类和制作 .....	30
二、捕虫胶的配制 .....	34
三、诱芯的选择和制作 .....	35
四、影响测报可靠性的因素 .....	38
五、性信息素测报技术的优缺点 .....	43
六、测报应用上的效果 .....	46
第四章 昆虫信息素防治害虫的方法和原理 .....	52
一、诱捕法 .....	52

二、干扰交配法	55
三、信息素释放技术	59
四、释放技术中的几个问题	61
五、防治效果的评价和计算方法	66
六、昆虫性信息素在害虫综合防治中的应用	69
<b>第五章 昆虫信息素防治害虫</b>	<b>72</b>
一、水稻害虫	72
二、棉花害虫	74
三、蔬菜害虫	83
四、果树害虫	84
五、森林害虫	86
六、仓库害虫	90
七、卫生害虫	91
八、展望	92
<b>附录</b>	<b>95</b>
1. 几种主要昆虫信息素	95
2. 国内已经合成并能提供样品的昆虫信息素	103



## 序 言

昆虫这类浩如烟海的动物在地球上分布极广，从海洋到大气层，从南极洲到北极圈，处处都有它们的足迹。有不少种类的昆虫对人类有害，它们传播致命的流行性疾病，夺走了千万人的生命，对农业生产、贮藏品和建筑物等造成巨大的损失。据估计，全世界因病虫为害，每年粮食损失约10~15%，棉花约20~25%。

人类与害虫已进行了几个世纪的斗争，最早使用无机杀虫剂(砷剂)和植物性杀虫剂(烟碱、鱼藤)防治害虫。1939年瑞士的缪勒发明了 DDT 之后，高效有机合成杀虫剂六六六、1605 等杀虫剂相继出现，害虫的化学防治进行了一场“革命”。从50年代起，因为有机合成杀虫剂具有广谱性和杀虫效力高等特点，所以被广泛地用于防治农林、仓库和卫生害虫。这一段时间内，它在促进农业增产，保障人类健康方面确

实发挥了重大的作用。当时，1605 曾被称为“一扫光”，在用过药的田内几乎找不到虫，人们充满了乐观情绪，不少人以为农业上的虫害、家畜的寄生害虫和昆虫传播疾病等问题即将彻底解决。然而，这样的日子不但没有到来，相反，到 60 年代，新问题陆续出现，也绝对没有想到今天会把 DDT、六六六等高效、持久性的有机氯杀虫剂划入禁用之列。这是在化学农药防治为主的时期里，片面地强调使用化学杀虫剂，又往往只考虑当前的经济效果，很少注意化学农药对生态环境的影响，而引起的始料不及的一些不良后果。例如，在同一地区连续多年使用化学杀虫剂，导致多种害虫对杀虫剂产生抗性。我国经测定证实产生抗药性的农业害虫有 12 种、卫生害虫有 6 种。据 1980 年统计全世界对杀虫剂产生抗性的种类已增加到 432 种，而且这几年还在不断增加，这些害虫用原来的杀虫剂再也无法杀死它们了。因此，昆虫抗药性已发展成为威胁人类健康和粮食增产的一个重要问题。大多数化学杀虫剂缺乏生态的选择性，使用时对害虫的天敌以及传粉昆虫等有益生物杀伤作用很大，因而破坏了农田生态平衡和生物间的相互制约作用，一些田间残存的害虫群体和新迁入防治区的同一种害虫的群体，就会迅速繁殖起来，因为没有天敌的抑制，其为害程度要比第一次更严重。有时还会使一些原来处于次要地位的害虫上升为主要害虫，造成猖獗为害。此外，长期使用化学杀虫剂，尤其是不加控制地滥用，还造成农药对人类的潜在威胁。例如，残留在水域、土壤、植物和动物中的杀虫剂，通过食物链的浓缩，可比原先的浓度提高几十万倍。例如美国的明湖在 1949 年用 DDT 类杀虫剂 DDD 防治鲇，处理后湖水中的 DDD 浓度仅为 0.014 ~ 0.02 ppm，但通过浮游生物 → 取食浮游生物的小鱼 → 太鱼吞食小鱼 → 水鸟取食鱼类这一食物

链，五年后水鸟脂肪内的 DDD 含量达 1600ppm，已是湖水中原有浓度的 80,000~114,286 倍。不仅如此，有机氯杀虫剂的残留，也已进入了人类的食物链，如肉类、鱼类、蛋类、水果和蔬菜中，这些残留的农药最终进入人体，浓缩积累在脂肪中。现已发现人体脂肪、肝脏以及母乳中残留有机氯杀虫剂，日本、澳大利亚妇女的乳汁中 DDT 的检出量均已超过牛乳中规定的最高允许量。因此，农药的残毒已引起人们的普遍关注。鉴于化学杀虫剂存在着一些弊端，为此，昆虫学家从环境保护的观点出发，努力探索无公害的害虫防治新途径和新技术。例如，培育和引进抗虫作物；释放大量不育雄虫；发展微生物杀虫剂；引进捕食性或寄生性天敌；利用昆虫激素及其类似物干扰昆虫生长发育；应用昆虫信息素特别是性信息素防治害虫。近十年来诸方法中，昆虫信息素的研究有了重大的进展，特别是利用昆虫性信息素防治某些经济作物上的重要害虫已获突破，这一新技术正在逐步发展成为害虫综合治理计划中的一项重要措施。

昆虫性信息素与昆虫激素不同，前者是由雌虫或雄虫自身分泌并释放到体外的一种微量生理活性物质，它能引诱同种异性昆虫前来交尾。后者是昆虫体内内分泌器官分泌的生理活性物质，通过血液循环输送到全身，它控制着昆虫的生长、发育和变态。人类根据昆虫性信息素的这一特性，可以利用它来控制害虫。昆虫性信息素防治害虫主要有三种方法：虫情预报和监测、大量诱杀或扰乱雌雄虫交配。昆虫性信息素防治害虫新技术，具有选择性强、不杀伤天敌、害虫不易产生抗药性、对环境无污染和用量少等优点。因此，已引起不少国家的重视。

其实，早在一百多年前，科学家就发现了昆虫雌雄之间，



通过化学物质进行信息联系的现象，并对这一现象进行了详细的观察和研究。由于微量分析技术的限制，昆虫性信息素的结构鉴定十分困难。诺贝尔奖金获得者布特恩特前后经历了二十年的时间，直到1957年才从50万头雌蚕蛾中分离出12克纯粹物质，鉴定了它的化学结构为反-10，顺-12-十六碳二烯-1-醇，取名蚕蛾醇(Bombykol)。这是世界上第一个鉴定的昆虫性信息素。此后，随着近代超微量分析技术的飞速发展，加快了昆虫信息素的结构鉴定。据粗略统计，到1980年已鉴定和合成了棉红铃虫、舞毒蛾、红带卷叶蛾和梨小食心虫等222种昆虫信息素(附表1)，包括7个目30多个科的昆虫，其中40余种昆虫信息素已商品化。

昆虫性信息素的应用，最早可追溯到30年代初，当时舞毒蛾已发展成为美国林业上的一种重要害虫，有人利用舞毒蛾雌蛾腹部粗提物监测舞毒蛾的分布。到40年代，美国农业部首先用雌蛾粗提物测报虫情，从而有效地使用化学杀虫剂，控制了舞毒蛾的进一步扩散和蔓延。从70年代起，一些国家陆续开始用装有合成信息素或引诱剂的诱捕器，预报和监测多种农林害虫的发生，掌握正确的施药时机。同时，也探索了采用大量诱捕法和干扰交配法(又称迷向法)防治果树、棉花和森林害虫的使用前景。1978年美国阿尔巴尼国际公司研制成功一种含棉红铃虫性信息素(简称“高斯”)的开口空心纤维(商品名NoMate PBW，国内译成红铃虫免配剂)，这种产品在世界一些产棉区防治棉红铃虫的大面积示范试验中，已取得了较好的效果。同年，美国政府环境保护局正式批准棉红铃虫免配剂注册，同意在棉花种植区使用这种产品抑制棉红铃虫的交配繁殖。这是世界上第一个注册用于“灭虫”的性信息素。到1981年底已注册了家蝇、舞毒蛾、日本丽金龟、小桃透翅蛾、

波纹小蠹、棉铃象虫、烟芽夜蛾和番茎麦蛾等昆虫的性信息素。这标志着昆虫信息素作为一种特殊的新颖灭虫药问世，正式开始用于防治害虫。美国、英国、日本和意大利等国已经有几家专业公司，向世界各地销售昆虫信息素、诱饵和诱捕器。

我国于60年代末、70年代初开展昆虫性信息素的研究，从1972年起先后合成了棉红铃虫、梨小食心虫、桃小食心虫、苹果蠹蛾、茶小卷叶蛾、甘蔗条螟、麦蛾、二化螟、稻显纹纵卷叶螟和舞毒蛾等二十余种农林、仓库害虫的性信息素。并建立了棉红铃虫、桃小食心虫、梨小食心虫、甘蔗条螟、二点螟、二化螟和稻显纹纵卷叶螟性信息素测报新技术。应用性信息素测报技术，预测这几种害虫发生期，指导合理用药，用药量一般可减少30~50%。性信息素诱捕法防治杨树透翅蛾、梨小食心虫已获成功，具有方法简单、成本低廉等优点，防治规模逐年扩大，诱捕法防治杨树透翅蛾已在吉林省和黑龙江省推广应用，防治梨小食心虫已在辽宁及北京等地上万亩果园应用，这一技术为杨树透翅蛾、梨小食心虫综合防治提供了新途径。近年来昆虫性信息素结构鉴定技术有了显著提高，已鉴定了马尾松毛虫、杨树透翅蛾、茶毛虫、枣粘虫、甘蔗二点螟等昆虫性信息素的化学结构。研制成功多种控制性信息素的缓释剂型。

昆虫信息素的研究正方兴未艾，国内外有关昆虫信息素的科学文献大量发表，但遗憾的是到目前为止，国内还没有一本介绍昆虫信息素的专著，笔者尝试收集这方面资料，编著了这本书，供广大植保员参考，以促进昆虫信息素在国内的应用。

本书编写参考了雅各布森的《昆虫性外激素》、肖里的《昆虫行为化学防治的理论和应用》、基德尼尤斯的《用控制释放

信息素系统防治害虫》和里特的《化学生态——动物的香味通讯》和中国科学院昆虫信息素学术讨论会有关资料等。编写过程中得到我所杜家纬教授、陈元光副教授的热情帮助，林爱莲同志代为绘制图表、曹明同志拍摄照片，特此一并致谢。

石奇光

1984年10月



# 第一章

## 昆虫信息素的定义和生物学特性

### 一、昆虫信息素定义

人类通过语言、文字交流思想,传递信息。在奇异的昆虫世界里,科学家发现昆虫也有一种特殊的通讯“语言”,不过昆虫的“语言”与人类的语言迥然不同罢了。最初,人们发现昆虫是通过各种频率的声音和各种舞蹈传递信息。例如蟋蟀、螞蛄的雄虫,发出唧唧之声,招引方圆十米范围内的雄虫来相会;蜜蜂则用种种优美舞姿向同伴传递信息;萤火虫能发出一种特殊的光信号取得联系……。近五十年来科学家又进一步发现,昆虫的雌雄个体,除了利用声音、舞蹈和光外,还通过一种化学“语言”进行联系。例如,有人把性成熟而尚未交配过的雌蚕蛾放在密闭的玻璃罩内,发现飞过的雄蛾并不理睬这些罩内的雌蛾,却飞向旁边蘸过蚕蛾醇的小滤纸。以后越来越多

的实验证明了化学物质是个体间传递信息的主要途径。其实昆虫在寻找配偶、食源、产卵场所以及遭到敌害侵袭时，向同伴报警或引起个体聚集等行为反应，都存在着这种化学物质的作用。人们把这类物质统称为信息化合物。根据它们的作用性质又把信息化合物分为两大类（表1）。一类是种内信息化合物又称信息素，它是由一种昆虫分泌并释放到体外能引起同种其他个体产生行为反应的化学物质。另一类是种间信息化合物，它是由一种昆虫分泌并释放到体外，能引起异种个体产生行为反应的化学物质。

表 1 昆虫信息化合物分类

类 别	名 称	作用对象	受 益 者
种内信息 化合物	性信息素	同种昆虫个体间	接受者和释放者
	聚集信息素	同种昆虫个体间	接受者
	追踪信息素	同种昆虫个体间	接受者
	报警信息素	同种昆虫个体间	接受者
	离散信息素	同种昆虫个体间	释放者
种间信息 化合物	利它素	异种昆虫个体间	接受者
	利己素	异种昆虫个体间	释放者
	互利素	异种昆虫个体间	释放者和接受者

1. 性信息素 这是一类由性成熟雌虫或雄虫产生并释放的、能引诱或激起同种异性昆虫进行交尾的化学物质。如棉红铃虫雌蛾性成熟后便释放性信息素，信息素分子通过气流扩散，处在一定距离内的雄蛾触角上的感受器，接收到这一信号后，便会径直飞向雌蛾，交尾繁殖后代。

性信息素和性引诱剂的区别在于前者为昆虫体内分离出来的,后者是人工合成的有性引诱作用,不一定是昆虫体内所含有,但有引诱作用的化学物质。

2. 聚集信息素 这是一类由一种昆虫释放并能招唤同种昆虫聚集的化学物质。如一种松小蠹在成群飞翔集中为害寄主植物松树之前,常有少数“先遣部队”先行侦察,找到适当的寄主后,随粪便排出一种信息素,其他小蠹收到这个信号后,就群集飞向“先遣部队”已扎根的寄主树上进行为害。

3. 报警信息素 这是一类由一种昆虫释放并能引起同种个体采取警戒、逃避或奋起自卫等行为的化学物质。如蚜虫被捕食性天敌捕获时,便会从腹管排出一种挥发性的小液滴(图1),附近的蚜虫接收到这一信号后,便纷纷逃逸甚至从栖息的植株上跌落下来。

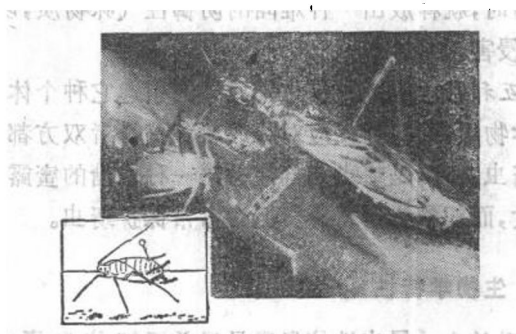


图1 被捕蚜虫从腹管排出挥发性小液滴

4. 追踪信息素 这是一类由一种昆虫释放并能给同种昆虫指示路径的化学物质。如蚂蚁或白蚁在爬行的道路上,用腹末或胫节上的腺体分泌一种气味物质标记在地面,从而同

种其他个体循着这一痕迹,可找到食源或巢穴。

5. 离散信息素 这是由一类昆虫产卵时在果实表面分泌的一种化学物质,它有阻止同种雌虫再来产卵的作用。例如,苹实蝇产卵在苹果表面时,还同时标记一种可以驱赶同种其他雌蝇再来产卵的物质,这样就保证了果实内的幼虫有足够的营养物质。

6. 利它素 由一种昆虫释放并能引起它种个体行为反应的化学物质,而且行为反应对接受者有利。如棉铃虫的鳞片有一种化学物质,能刺激广赤眼蜂寻找寄主。用合成的这种二十三烷化合物处理大田,可提高广赤眼蜂对棉铃虫卵的寄生率。

7. 利己素 由一种昆虫释放并能引起它种个体行为反应的化学物质,而行为反应对释放者有利。如瓢虫一旦遭到天敌攻击时,就释放出一种难闻的防御性气味物质,以驱赶天敌,免遭侵害。

8. 互利素 由一种昆虫释放并能引起它种个体行为反应的化学物质,而行为反应对释放者和接受者双方都有利。如蚂蚁与蚜虫共存,是蚜虫腹部能分泌一种含糖的蜜露,刺激蚂蚁来取食,而蚂蚁为了得到蜜露也常常保护蚜虫。

## 二、生物学特性

1. 引诱力 昆虫性信息素是目前已知信息素中活性最高的一种,据估计一头雌虫产生的性信息素量大约为0.005~1微克,其量微乎其微,然而它却能把数百米甚至1公里以外的雄虫引诱来交配。如1毫微克的舞毒蛾性信息素(简称“狄斯”)就能诱到雄蛾,即使量少到微微克也可以使雄蛾产生性兴奋。如林间放置装有1微克量的性信息素粘胶诱捕

器，几周内可以捕到大量舞毒蛾雄蛾。家蚕的雄蛾可以被1公里以外的雌蛾诱去， $10^{-12}$ 微克的“蚕蛾醇”就能引起雄蛾的性行为反应。例如，雌性外引锯角叶蜂，五天内可诱到11,000余头雄蜂。美洲蚱蜢在30个纯的性信息素分子下，就能使异性产生行为反应。雄性美洲大蠊对雌虫产生的性信息素有明显的行为反应，当剂量低于毫克时，还能保持两年的活性，引起雄虫触角摆动、振翅甚至产生企图交尾的动作。

2. 性别间的差异 在已知产生性信息素的昆虫中，大多数昆虫性信息素是由雌虫产生并释放引诱雄虫。雌虫产生的性信息素一般为毫微克级，虽然量极微，可是对雄虫有强烈的引诱作用。但是也有少数种类的昆虫是由雄虫释放性信息素引诱雌虫的。鳞翅目蛾类多数是由雌蛾分泌性信息素，如常见的农业害虫二化螟、棉铃铃虫、梨小食心虫、舞毒蛾和马尾松毛虫等，就是由性成熟的雌蛾产生和释放性信息素引诱雄蛾的。而蝶类则由雄蝶产生信息素引诱雌蝶，已知由雄蝶产生信息素的种类有40余种。在鞘翅目昆虫中黑皮蠹是由雌虫分泌性信息素，而棉铃象虫则由雄虫产生并释放性信息素，这种信息素同时能引诱雌雄两性聚集交配。双翅目昆虫中的家蝇、铜绿蝇是由雌蝇引诱雄蝇，而锥蝇、秋家蝇和地中海果蝇则是雄蝇产生信息素引诱雌蝇。

大多数昆虫，雌虫产生的性信息素作用距离较远，能引诱雄虫从远距离外飞来交尾繁殖后代。而雄虫产生的性信息素仅在近距离如厘米范围内起作用。如雄蛾顺着雌蛾释放的性信息素到达雌蛾附近时，就翻出“香刷”释放一种能抑制雌蛾活动的信息素。这种物质不仅能促进雌蛾接受交尾，而且还有阻止同种雄蛾前来交尾的独特作用。如鳞翅目中的雄性大蜡螟由翅腺产生的信息素正壬醛和正十一醛混合物、小蜡螟分



泌的正十一醛和顺式-十八烯-11-醛、南方粘虫分泌的苯甲醛以及鞘翅目中的黄粉虫雄虫释放的信息素，都具有这种功能。例如雌性大蜡螟，当暴露在雄蛾翅腺释放的性信息素时，就向前移动其触角，抬起并伸展其翅膀，不停地扇动翅膀，沿一小圈“跳舞”，向气味源的方向运动，作出“求爱”的行为。有一些种类的雌虫，当被雄虫追逐而本身无交尾要求时，就会从腹末释放一种促使雄虫离散的信息素。如一种步行虫为驱赶追逐的雄虫，朝雄虫喷射液体物质，迫使雄虫停止追赶，使雄虫行动失调甚至昏迷数小时。

3. 腺体 昆虫性信息素腺体的着生部位和形状，因昆虫种类不同而异。一般着生在头部、胸部、腹部，也有的着生在腿部或翅上，当然也有少数种类昆虫的腺体可能着生在身体的其他部位。例如，鳞翅目昆虫雌蛾性信息素的分泌腺体，大多位于腹部第8、第9节间的节间膜上，少数也有在第7与第8节之间的节间膜上。粉纹夜蛾、棉红铃虫和二化螟的腺体是一种可外翻的褶皱囊状物，轻轻压挤腹部，囊状物向外翻出。但是囊状物只有在雌虫求偶召唤释放性信息素时刻，才向外伸出暴露在空气中，同时频频振翅，推动气流，使释放出来的信息素分子借助气流迅速扩散。

蛾类和蝶类的雄虫信息素分泌腺体常分布在翅上，有时也着生在后足或腹部末端。例如蝶类常在翅的特定区域内，着生有特殊结构的鳞片，鳞片的顶端镶有细毛，而基部与香腺相连，这种鳞片又称“香鳞”。在交尾前、雌雄个体间进行通讯联系时，鳞片竖起释放信息素。蛱蝶科的一种斑蝶，分泌腺体位于腹尖，成为特化的刷状物，求偶时成扇形散开，释放气味物质(图2)。这种物质如同一种催欲素，能引起雌蝶性兴奋。倘若雄蝶在空中追逐雌蝶，当其接近雌蝶时，通过腺体释放气味