

昆虫信息素与害虫综合治理

刘 孟 英

(动物研究所)

昆虫信息素 (Insect Semiochemicals) 是昆虫与昆虫或昆虫与其他生物个体间进行化学通讯联系的媒介物,对昆虫的栖息、集合、觅食、寻偶、产卵、追迹、报警、自卫等行为起调节控制作用。它可分为种内信息素和种间信息素,前者为同种个体间,后者为异种个体间的联系媒介物。

昆虫信息素研究是化学生态学的一个蓬勃发展的领域。国外已鉴定化学结构的昆虫信息素有 700 多种。在美国、英国、日本、西德、法国、意大利、苏联、匈牙利等国均有公司生产昆虫信息素和诱捕器,供作害虫测报手段,品种有七、八十种。联合国粮农组织 (FAO) 专家组也把昆虫信息素列为害虫综合治理的技术措施之一,向各成员国推荐。

活性高,特异性强,不伤害害虫天敌,使用简便等是昆虫信息素的优点。用它做害虫测报,指导化学防治,可节省化学农药用量 (50% 左右),由此提高防治质量,并对减少环境污染有积极的作用。昆虫信息素也可直接用于害虫防治,有可能成为化学农药的一种替代手段。例如用大量诱捕法、干扰交配法 (中断交尾法或称迷向法),或用信息素与速效杀虫剂、不育剂、病毒剂等其他手段相配合的方法来防治害虫,已有不少成功的事例。在美国已有 10 多种昆虫信息素被环境保护局批准可用于直接防治害虫。例如美国的阿尔巴尼国际公司 (Albany International Corporation) 提供的开口纤维管剂型和 Health-Chem 公司提供的塑料三夹片剂型已经注册登记,在美国及南美洲用于防治棉红铃虫,应用面积由 1980 年的 50 公顷扩大到 1982 年的 10 万公顷。棉红铃虫性信息素虽然目前成本仍稍高于杀虫剂,但已因棉花质量提高而得到补偿。

在美国,昆虫信息素曾被视作一类农药,因注册手续繁杂,阻碍了它的发展;现在环境保护局已把信息素作为生物合理农药 (Biorational Pesticides) 来对待,简化了注册条件的要求,以利于企业家投资。

我国自七十年代初系统开展昆虫信息素研究以来,先后鉴定了 10 多种、合成了 20 多种重大害虫的信息素。昆虫信息素作为虫情测报手段已在较大面积推广,收到了明显的经济效益。用性信息素直接防治果树食心虫、甘蔗螟虫、林木害虫、棉花害虫的大面积试验也获得可喜的效果,显示了昆虫信息素在害虫综合治理中的优越性和潜力。

昆虫信息素的研究是多学科的综合研究。包括有昆虫生理学、电生理学、生态学、行为生理学、有机化学、微量分析化学、结构分析化学和植物保护学等学科;需要配备有各种色谱仪、质谱仪、红外光谱仪、核磁共振仪等现代分析仪器;需要有化学家与生物学家的密切协作与配合。我院是综合性的自然科学研究机构,学科比较齐全,仪器设备可以协作共用。正是由于我们发挥了综合研究的优势,无论在基础研究和应用研究方面都取得了可喜的成果。几年来我院在昆虫信息素的研究中曾先后获 2 项国家发明奖、1 项国家科学技术进步奖和 8 项院级或省级成果奖。

我院昆虫信息素的研究工作,可以追溯到 1966 年,当时动物研究所的一个研究组,开始做一些马尾松毛虫的性信息素的探索研究。后因“文革”开始而被迫中断,七十年代初又重新恢复。1973 年我院首次派出昆虫激素考察组赴美国参观访问,这对此项研究的进展起到一定的推动作用。目前参加这一研究的单位有中国科学院动物研究所、上海昆虫研究所、上海有机化学研究所、长春应用化学研究所、成都有机化学研究所和新疆化学研究所,有 60 多名科技人员,其中中高级人员占一半以上。此项工作得到院领导及生物学部、化学部的重视和支持。我院曾三次召开以我院为主的全国性学术研究及经验交流会议,并拟定了规划。有关昆虫信息素的课题被列为院重点课题或攻关课题,有的项目列为国家“六、五”攻关项目。

我院各有关单位在昆虫信息素研究中取得的成果可以概括为以下几个方面。

一、完成了马尾松毛虫、甘蔗二点螟、白杨透翅蛾、枣粘虫、桑毛虫、甘蔗条螟、青海草原毛虫等昆虫性信息素活性组份的结构鉴定,对水稻三化螟、红尾白螟、稻瘿蚊、油茶毒蛾等昆虫性信息素的结构分析取得了重要进展。

马尾松毛虫是我国森林一大害虫,危害面积达 8000 万亩。动物研究所与长春应用化学研究所等单位协作,经过 8 年多的努力,于 1979 年鉴定了该虫性信息素的 3 个活性组份,即顺-5,反-7-十二碳烯醇、顺-5,反-7-十二碳烯基乙酸酯和丙酸酯,并用魏悌希反应合成了这 3 种组分及其余 9 个异构体。这项工作的进展,标志我国昆虫信息素的研究达到了新水平,为昆虫信息素的结构分析提供了有益的经验。近年来由于使用高灵敏度的分析仪器,使结构分析所用虫源数目已由初期的几万头锐减到几百头或几十头,并能做单个腺体分析,分析昆虫信息素的天然全组份。在结构分析中,也碰到一些结构比较复杂的性信息素,带有一个或几个手性碳原子。因为昆虫信息素在昆虫体内含量甚微,分离出来的化合物数量不足以确定其分子空间构型。这类手性信息素的结构鉴定,必须与手性化合物的合成紧密结合起来。目前正在加强这一方面的工作。

通过对昆虫信息素天然组分的了解日益加深,和测试手段不断完善,原来认为是单组分的信息素,后来证明是多组分的。因此详细分析和鉴定天然信息素的全组分是提高信息素活性的重要环节。上海昆虫研究所等单位已开展了这方面的研究。

配合昆虫信息素的结构分析,还建立了相应的室内生物测定技术。如触角电位测定技术和风洞行为反应技术,以及色谱仪与触角电位联用的技术等。

二、合成了一批重要害虫性信息素。包括有棉红铃虫、梨小食心虫、桃小食心虫、桃蛀螟、苹果蠹蛾、甘蔗二点螟、白杨透翅蛾、棉铃虫、水稻二化螟、小菜蛾、粘虫、大螟、枣粘虫、蒙古木蠹蛾等昆虫性信息素。这些信息素的人工合成为田间应用试验提供了物质基础。在合成方法上力求结合我国原料情况,提出改进的合成路线,以便降低成本并有利于批量生产。近年来上海有机化学所等单位除对一般昆虫信息素的合成研究外,还进行了手性昆虫信息素的合成。如舞毒蛾、小蠹虫及蚊虫产卵引诱剂等。此外还进行了金属有机化合物在昆虫性信息素合成中的应用研究。

三、研制了适用于测报、诱捕和迷向防治用的多种剂型。为使昆虫信息素在田间使用时能正确发挥作用,必须有适当的剂型,使昆虫信息素能以一定的速率释放到空间,并能稳定地保持相当时间。这就要有各种缓释剂型。我院有关昆虫信息素的研究单位早期曾研制各种以塑料或天然橡胶为载体的适用于测报和诱捕防治用的剂型。近年来上海昆虫研究所研制了几种



动物研究所的科研人员正在进行昆虫信息素的实验

适用于迷向防治的夹片塑料剂型和微悬胶囊剂型,用于棉红铃虫的防治,效果很好。动物研究所研制了适用于醛类或小分子酮类信息素的光敏前信息素,并制成适宜剂型,为这类在自然界很不稳定的信息素的田间应用,开辟了一条新路。

四、开展了较大规模的田间应用技术研究。我院昆虫信息素的研究一直以基础和应用并重,选择为害严重的农林主要害虫为研究对象。

在测报上的应用得到了推广,发挥了简便易行的优点,对多种害虫的防治起了重要的作用。据不完全统计,仅在棉红铃虫、果树食心虫和甘蔗螟虫信息素作测报大面积推广后,挽回损失近亿元(其他害虫由于资料不全尚未统计在内)。

在直接防治方面,我院有关单位也进行了大面积防治技术研究。动物研究所与辽宁省绥中县协作,1978—1982年连续五年用性信息素诱捕法防治梨小食心虫取得显著效果。累计试验面积15万亩,推广面积100万亩,诱捕区虫果率比化防区下降72.8%,防治费用节省50%以上。1983—1985年又连续进行用性信息素迷向法防治梨小食心虫的试验,也取得了成功。1983—1985年动物研究所与辽宁省绥中县协作,开展用性信息素诱捕法防治梨树上桃小食心虫的试验。采取的措施是,地面喷杀虫剂杀死出土幼虫,树上挂桃小诱捕器,诱杀雄蛾。试验结果证明,诱捕区基本上可以不用在树上喷药,就能达到防治目的。虫果率比对照(化防区)低48%,成本也有所下降。

1980—1981年上海昆虫研究所进行了用性信息素诱捕法防治棉红铃虫的大面积试验。证明每亩设3—4个诱捕器,每天单盆平均诱蛾量在6头以下,就能使雌蛾交配率下降68—98%,铃害率下降54%,花费下降42.4%。1982—1985年上海昆虫研究所还进行了用性信息素迷向法防治棉红铃虫的试验。用自己研制的塑料夹层剂型和美国Albany公司的开口纤维管剂型NOMATE-PBW,均获得较理想的防治效果。性信息素可以部分代替化学农药防治棉红铃虫。

1982—1985年动物研究所与甘蔗植保单位协作,开展用诱捕法和迷向法防治苗期甘蔗二点螟的试验,1985年试验面积1.1万亩。诱捕区每亩用3—4个诱捕器,枯心苗率与化防区相同。迷向区也取得肯定结果。

近年来上海昆虫研究所和上海有机化学研究所分别与有关单位协作,进行用性信息素诱

捕法防治杨树蛀杆害虫白杨透翅蛾的试验获得明显的成功。由于此虫一年发生一代,一生交配一次,一般虫口密度比较低。在这种情况下最适宜用性信息素诱捕法防治。试验和推广面积已超过 40 万亩。试验区经过几年的诱捕防治,虫害率明显下降。

总之,我院关于昆虫信息素的研究已有了良好的开端。昆虫信息素在害虫防治中的优点是明显的。但由于昆虫信息素的特异性尚有许多理论问题和实际问题有待解决,还不能过分夸大其作用。不能认为有了昆虫信息素,就可以完全代替现有的杀虫药剂了。应该说,昆虫信息素只能在害虫的综合治理中起到一定的作用,而且只有从害虫生态系统统一考虑,才可能使昆虫信息素发挥更大的作用。各种害虫的情况是不同的,信息素的作用也会有所不同。对某些害虫易于成功,有些则难度很大。

昆虫信息素应用的成功,除信息素本身的活性、组分、合成、剂型、成本等条件外,还牵涉到复杂的生物学问题,如昆虫的交配习性、化学感受、行为反应、迁飞范围、寄主种类、虫口密度、种群分布类型等问题。这些方面较使用化学农药要复杂的多。这说明了昆虫信息素的应用发展为什么缓慢的原因,同时也说明了还有许多问题尚待作进一步的研究。

我们应当继续发挥我院综合研究的优势,深入开展昆虫信息素的基础研究和应用研究。应继续以我国重大农林害虫为对象,开展结构分析、人工合成和剂型的研究,以充分发挥昆虫信息素在这些害虫综合治理中的作用。除目前研究较多的昆虫性信息素外,还应逐步开展其他类型信息素的研究。在加强基础研究方面,应重视昆虫信息素的分子结构和功能的关系,生理生化机制、行为机理、昆虫化学感受机理、生物合成途径。从分子水平研究生物化学信息的传递、信号的加工、受体识别,以及遗传特性等方面的研究。还必须充实必要的仪器设备,加速人才的培养,加强与产业部门的横向联系和国际交流。