



信息化学物质及其在害虫防治中的应用

王琛柱^{1*} 闫凤鸣^{2*}

(1. 中国科学院动物研究所, 农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室, 北京 100101;

2. 河南农业大学植物保护学院, 化学生态研究所, 郑州 450046)

在所有生态系统(包括陆地生态系统和水生生态系统)中,植物、动物、微生物之间除了存在一个有形的食物网(Food chain web)之外,还有一个无形的化学信息网(Infochemical web)。所有的有机体都会产生化学信号,同样所有的有机体都会对化学信号作出反应。生物间的这种化学通讯交织在一起,形成一个纷繁复杂的网络,对于系统内每个生命个体的生存、发育和繁殖都非常重要。我们把这种参与生物间交流的化学物质统称为信息化学物质(Semiochemical, 又称为 Infochemical)(Nordlund and Lewis, 1976; Dicke and Sabelis, 1988)。Semiochemical的词根是希腊文 semeion, 是标志或信号的意思。生物间的相互作用可分为种内(Intraspecific)和种间(Interspecific)的相互作用。种内相互作用的信息化学物质有两类:信息素(Pheromone)和特征混合物(Signature mixture)(Karlson and Luscher, 1959; Wyatt, 2010)。信息素作为种内的化学信号一般是以一定比例组成的多组分混合物,由同种的一个体产生而被另一个体所接收,并引发后者产生固定的行为和发育反应。Pheromone的词根来自于希腊文 pherein, 意思是携带或传递。特征混合物是由可变的组分组成,由同种其它个体学习并用来识别某个体以及某一社会族群的成员,多用于水生、哺乳动物和社会性昆虫。种间相互作用的信息化学物质称为他感素(Allelochemical),即由一个种类的有机体产生并由他种的个体接收并引起后者行为和生理反应的化合物,这里不包含食物中的营养物(Nordlund and Lewis, 1976)。根据对产生者和接

收者的利弊,这类化合物可分为以下3种:(1)利己素(Allomone),对产生者有利而对接收者无利;(2)利他素(Kairomone),对接收者有利而对产生者无利;(3)共益素(Synomone),对产生者和接收者都有利(Nordlund and Lewis, 1976)。

由于自然生态系统与农业生态系统都受自然规律的支配,因此系统内生物间的化学信息联系没有本质的不同。然而,农业生态系统是人类的生产活动下形成的,其生产目标与自然生态系统的截然不同。自然生态系统可不断充实系统自身,促进系统向多样化的更高水平发展,自我稳定性好,因而生物多样性和相互间的化学信息联系较为复杂。农业生态系统是将众多的农业资源更加高效地转化为人类需要的各种农副产品,结构简化,自我稳定性差,因而生物多样性和相互间的化学信息联系相对简单。人类的农事活动和操作,在很大程度上改变了农业生态系统的生物组成和环境条件:人们种植想要的植物,并对其进行驯化,清除那些不想要的竞争者(如杂草),阻碍了自然演替的发生;同时为获得最大的经济回报,还通过灌溉、施肥、喷洒农药等措施调控生态系统。在这样一个开放性系统中,人类采取怎样的生产方式,如何在维持系统较高的净生产力的同时把费用和生态不良后果减到最低,是农业生产所面临最主要挑战。

在农业生态系统中,一些植食性昆虫成为“害虫”。由于系统简单且稳定性差,常常导致害虫的种群暴发。为解决虫害问题,人类发明了很多化学杀虫剂。然而,化学杀虫剂的滥用,导致

* 信息化学物质与害虫防治专辑同等贡献组织者 Organizers contributed equally to special issue semiochemicals in pest management

了经济、环境、健康等诸多方面的问题,因而减少化学农药的使用已成当务之急。向大自然学习,借鉴自然生态系统中生物互作关系的一些原理,围绕植物、害虫及其天敌的生态关系主轴,通过利用各营养级的信息化学物质,调控害虫的行为、生长、发育和繁殖,不失为一条经济、合理的可行之路。因此,昆虫的信息素和植物的他感素(植物次生物质)在害虫治理中具有很大的应用潜力。

在实际应用中,一般从以下几方面来考量信息化学物质的应用属性:(1)可达性(Accessibility):信息化学物质应该以一种害虫可感知的形式存在;(2)可定义性和可再现性(Definability and Reproducibility):对信息化学物质越能精确地定义,越能在人工的条件下精确复制;(3)可控性(Controllability):信息化学物质的多种参数控制得越好,特别是其强度和持续时间,越有可能取得行为调控的成功;(4)特异性(Specificity):信息化学物质在影响昆虫行为方面越特异,越有可能被昆虫从背景信号中识别出来,越容易起到调控行为的作用;(5)实用性(Practicability):信息化学物质应该在使用中尽可能地简单、便宜,对非靶标有机体无影响(Foster and Harris, 1997)。根据这些属性,在利用信息化学物质进行害虫行为调控时需要考虑以下几方面。第一,行为调控相对于其他措施成本更高,因此适宜于针对主要害虫,不适用于次要害虫和偶发性害虫。第二,针对害虫的信息化学物质一般对于有益的天敌和其他非靶标昆虫影响不大,这是其优点,但要考虑到,如果没有其他配套措施的应用,也可能造成次生害虫和偶发害虫的种群积累。第三,在利用信息化学物质设计行为调控方案时,也要考虑防治对象的寄主范围。专食性的昆虫,对于其寄主植物的特有信

号物质很敏感,因此在应用中利用产卵或取食引诱剂和刺激剂人为地压倒寄主植物的引诱和刺激作用,需要很大的剂量;相反,广食性的昆虫对于寄主植物的化学信息线索敏感度较低,因此利用相对较少量的引诱剂和刺激剂就有可能取得较好的效果。第四,引诱剂在昆虫防治中的应用较多,不过单一化合物对昆虫行为的调控效果是有限的,因此,合理地联合利用引诱剂、驱避剂、刺激剂、拒食剂等更容易取得成功。另外,引诱剂与其它有效的物理措施如诱虫灯、黄板等联合使用往往能提高诱虫的效果。

近年来,我国科学家在信息化学物质鉴定和昆虫化学通讯机制方面取得很多新的研究成果,但急需进行成果转化,在害虫防治中发挥作用。在“信息化学物质与害虫防治”的主题下,我们邀请了我国部分从事这方面基础和应用研究的专家学者,撰写了综述 17 篇和研究报告 9 篇,组成本专辑的内容,以期促进信息化学物质在我国害虫防治实践中的应用。

参考文献 (References)

- Dicke M, Sabelis MW, 1988. Infochemical terminology: Based on cost-benefit analysis rather than origin of compounds? *Funct. Ecol.*, 2: 131–139.
- Foster SP, Harris MO, 1997. Behavioral manipulation methods for insect pest management. *Annu. Rev. Entomol.*, 42: 123–146.
- Karlson P, Luscher M, 1959. Pheromones: A new term for a class of biologically active substances. *Nature*, 183(4653): 55–56.
- Nordlund DA, Lewis WJ, 1976. Terminology of chemical releasing stimuli in intraspecific and interspecific interactions. *Journal of Chemical Ecology*, 2: 211–220.
- Wyatt TD, 2010. Pheromones and signature mixtures: Defining species-wide signals and variable cues for identity in both invertebrates and vertebrates. *Journal of Comparative Physiology A, Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology*, 196: 685–700.