

害虫化学防治概念的新进展*

张 兴

(西北农学院植保系)

摘 要

本文从害虫化学防治的现状和目前的研究进展情况提出了几个趋向性问题: 发展特异性缓效型, 特别是植物杀虫剂, 以求获得对环境和非靶子生物安全, 以及对害虫不易产生抗性的新一代农药, 克服过去化学农药的缺点; 利用植物与昆虫之间的相互关系, 人为地制造不利于害虫生存的条件, 而控制害虫种群数量是害虫综合管理法中所以要研究的主要问题; 植物对害虫主动防御性的阐明, 可以给害虫测报工作给予新的“启示”而提高测报准确性; 在害虫发生之前人为地“活化”植物的主动防御性而达到所谓“预防性农业”的境界。在“综合性农业”中, 害虫管理是和整个农业生态学、生物化学、化学生态学及农作物的高产、优质等相联系, 因而, 是综合考虑中的因素之一。

引 言

习惯上, 人们一提起害虫化学防治, 便会马上联想起化防的主要武器——杀虫剂, 且主要指的是有机合成杀虫剂, 并自然而然地把它们同“毒物”联系在一起。这种现象在目前来看还不能说是错误的, 可是随着杀虫剂研究的不断深入, 如再继续持有这种观点, 便可能落后于形势。早期的主要杀虫剂品种DDT、六六六、1605等现在虽还不能从“杀虫剂”中除名, 有的甚至还在应用, 但再不能作为“杀虫剂”的代表了。特别是近年来的一些研究趋势表明, “杀虫剂”的内容正在或将要发生重大变化, 害虫化学防治将很快转变为害虫化学管理, 新型的杀虫剂将成为害虫管理中用来调节害虫种群的化学武器。这并不是遥远无期的幻想, 而是很快便会成为事实。还应指出的是, 即使发展到了这一地步, 也不是害虫防治的全部内容。事物总是在不断向前发展的, 一些研究结果已预测, 单用于杀虫目的, 化学物质会被逐渐淘汰, 将来的害虫防治, 将会和整个植物的遗传及生长发育的生物化学方面揉合成一体来考虑。本文就这方面的研究情况及有关论述, 谈谈害虫化学防治这一领域在概念上的新进展。

一、害虫化学防治的发展——缓效型杀虫剂的提出

应用化学物质防治害虫已经过了几个时代。第二次世界大战之前主要用一些无机药

* 本文收到日期: 1985年4月12日。

剂及一些天然产物来防治害虫。DDT的出现标志着进入了有机合成杀虫剂时代。随后,六六六、狄氏剂等有机氯杀虫剂,对硫磷、内吸磷等有机磷杀虫剂的问世,使害虫防治的面貌焕然一新。但好景不长,由于DDT等高效、广谱、长残留杀虫剂的不合理使用引致了严重的副作用,特别是自1964年后随着《寂静的春天》一书的出版,害虫化学防治的信誉一落千丈。在一片谴责和咒骂声中,害虫生物防治虽然不是应运而生,但受到了极大关注,并得到迅速发展。但后来十多年的实践证明,生物防治的局限性较大,单独依靠其难以解决害虫防治这一大问题。进入七十年代以后,我国根据建国二十多年来病虫害防治工作中的经验和教训于1975年制定出了“预防为主、综合治理”的植针。主要是要有机地结合各种防治措施,将害物防治于大发生之前。同时在国外,主要是在保方美国也形成了一种防治原则,即“害物综合管理”(IPM)。其含义和我国的植保方针相差不多,但有所不同。它是从经济学、生态学、环境保护学的观点出发,针对整个害物群体控制而非特指某种害物。在对农业害虫的防治中,主要是结合进了各种先进技术,特别是电子计算机的应用,对各种无机、有机因子进行综合分析,合理地采用各种措施把害虫种群长期控制在引致一定经济损失阈值之下。在IPM中,化学农药仍占有重要的地位,但其意义发生了根本的变化,即:一是只作为一种应急的手段,不到万不得已时尽量不使用;二是要在使用剂量、次数、方式、方法等方面尽量和其它防治措施、特别是与生物防治相协调;三是不要要求把害虫的种群和个体在一定范围内全部消灭,而是作为一种“管理”的手段控制种群发生。这样便对化学农药提出了更高的要求,使得新杀虫剂的研制更为困难。

在目前生产中常用的、比较受欢迎的杀虫剂品种中,有机磷类仍因其原料、结构上的特点而致高效、低毒、价廉的品种不断出现,这类杀虫剂种类很多,选择余地大,对一些抗性昆虫可通过更换不同品种便可得到解决,很受人们欢迎。氨基甲酸酯类的呋喃丹,在我国南方的水稻、北方的棉花上已被广泛使用;用涕灭威拌棉种防虫,杀螨及线虫也很成功。沙蚕毒类的易卫杀,及我国研制的杀虫双,可有效地防治水稻、果树、蔬菜上的多种害虫。特别是七十年代以来在合成拟除虫菊酯杀虫剂上的三大突破,即英国1973年合成了光稳定性的二氯苯醚菊酯;法国1975年合成了超高效的溴氰菊酯;日本1972年合成了结构中不含环丙烷的杀灭菊酯,随后又出现了多种优良品种。这类杀虫剂的出现是结构——活性定量关系(QSAR)的研究在人工模拟合成方面最成功的一个事例。

面对这些优良杀虫剂品种及那些刚出现或即将问世更新的优良杀虫剂,我们应当保持清醒头脑,要认识到杀虫剂发展的阶段性。用发展的眼光看,目前的这些杀虫剂还属于过渡阶段品种,在使用上仍存在多种危险性(如危害环境、引起抗性等),与IPM法则的要求有一定的距离。国际上的研究进展似乎有这样的趋势,就是越来越重视那些并不直接、快速杀死害虫有机体的“缓效型”杀虫剂的发展。这类药剂主要指那些被称为特异性杀虫剂的种类。如拒食剂、不育剂、生长发育干扰剂等。它们并不使昆虫种群数量发生即刻的明显变化,而是对其种群控制产生深远的、长期的影响,甚至在一定条件下还可能使某些昆虫在一定地理范围内逐渐绝迹。这些特性的最大优点就是对害虫天敌

有较强的选择性,易协调于IPM法则。目前常用的杀虫剂品种大多数是速效、广谱型的触杀、胃毒剂,除了可直接毒杀天敌外,还会因害虫急剧死亡,且尸体马上腐烂而致天敌缺食饿死。而那些缓效型杀虫剂施用后,虽然害虫多已停止为害,但并不立即死亡,还可供应天敌继续取食。如具驱避活性的物质,可加剧昆虫的活动及觅食行为,从而增加了暴露于天敌的机会。拒食剂及影响昆虫蜕皮的药剂,可致虫体逐渐干缩而死,且历时很长。这样除可供捕食性天敌猎取之外,对其体内寄生天敌的影响也较小,从而导致害虫停止为害,种群数量下降,但天敌种群还相对处于优势而威胁以后的害虫发生。

从以上理论及目前的研究趋势可初步推测,在以后一段时间内的害虫防治可能会出现这样的状况:在IPM法则的允许下,平时只使用缓效型杀虫剂控制害虫种群数量及为害程度到一定的经济允许水平之下,某些种害虫将要大发生,其它防治措施难以凑效时,才局部使用速效型杀虫剂以迅速控制为害。

二、害虫化学防治的前景——发展特异性杀虫剂

特异性杀虫剂和常规杀虫剂相比,有如下特点:

1. 靶标专一性强。这类药剂主要对昆虫有效,或只对有害昆虫,甚至仅对某些种有害昆虫有效,如拒食剂、信息素等。

2. 作用方式、作用机制特殊。通过多种方式干扰昆虫的行为,影响昆虫的神经、神经内分泌系统、控制基因表达及生成新蛋白质的性质,而逐渐表现出对昆虫生长发育的调节作用。

3. 对环境、人畜及其它有益生物比较安全,较适应于IPM的各项法则。这类药剂主要可分为两大类群,即昆虫行为干扰剂和昆虫生长发育干扰剂,二者之间既有区别又有联系。现将其特点及主要种类简述如下:

(一) 昆虫行为干扰剂

昆虫的行为是指来自感受器的信息——电信号,通过中枢神经的综合抽象,再向效应器——肌肉系统发出动作指令,引起相应部位或全体活动。昆虫的行为是神经系统和肌肉系统综合反应的结果,主要表现为:趋性、取食、生殖、栖息及一些本能性的活动。昆虫的行为可被多种化学物质所调节,而人为地利用这些化学物质干扰昆虫的正常行为便可达到控制害虫这一目的。这类化学物质的范围很广,如昆虫的各种信息激素,及一些拒食剂、忌避剂和引诱剂等。近年来研究进展较快的主要有昆虫的拒食剂及信息激素类。

昆虫的信息激素(semiochemical)可分为两大类:一是外激素(pheromone),主司同一种昆虫个体之间的信息传递。主要有性信息素、集结信息素、报警信息素、追踪信息素四种;另一为交互(相互作用)信息素(allelochemical),主司不同种昆虫或不同生物之间的信息传递。主要有利己信息素(allomone)和利它信息素(kairomone)两种(Rembold,等,1982)。昆虫主要靠嗅觉化感器受体来接受信息激素,这种受体

具很强的专一性和高度的灵敏性。这便是可利用信息激素左右昆虫行为的理论根据。

信息激素在害虫防治的实际应用上可有四个途径,即召来、赶走、迷向和追踪。如性信息素、集结信息素的诱集作用可用于测报、口岸检疫及群体诱杀;警外信息素用来驱赶害虫;在田间释放过量的性信息素可干扰昆虫交配;特别是信息激素和杀虫剂配合使用是形成生态选择毒杀的一个有效途径。总之,信息激素乃是昆虫行为的化学调节剂,通过行为的调节与控制防治害虫是一新颖、极有前途的领域。特别重要的是信息激素它可直接通过表皮孔道进入感觉神经的细胞受体,因而不存在有穿透的阻碍、代谢与降解、分布与传导的问题,如进行QSAR研究,应该是最简单、也是最有可能是成功的一个领域。

拒食剂就是可干扰或抑制昆虫取食的物质。在昆虫的触角、下唇须、下唇须上分布有与取食有关的化感器,由于长期进化和对环境条件的适应,使得不同种昆虫的嗜好性基本上由化感器的功能表现出来。化感器可将食物的特性转化成电信号而传入中枢神经系统,从而决定取食与否。拒食剂的作用可能正是干扰了这些化感器的正常功能所致。昆虫的正常取食过程可简单地分为四步:1) 寄主识别和定位; 2) 开始取食; 3) 持续取食; 4) 终止取食。凡可暂时或长期影响昆虫取食过程中第1)、2)甚至第3)步的物质都可抑制昆虫的取食活动而威胁到其生存。通常对影响昆虫取食第1)步的物质可以称其为驱避剂或忌避剂(repellent),当然对昆虫的交配、产卵、栖息等活动有干扰作用的物质也可以划为这一类;而影响第2)步的可称为取食慑止剂(feeding deterrent);影响第3)步的则称其为拒食剂(antifeedant)。但也有人认为这些有关名词可以说是同义词,可统称为昆虫拒食剂(Katsura, 1976)。这一类物质可即刻地减轻害虫为害,使其因饥饿、失水而慢慢死去,或因打乱了其正常的取食节律而促进了不利于其生存的生理生化或行动反应,从而达到保护植物的目的。

在早期的杀虫剂研究中,只发现一些植物性杀虫剂对某些害虫有拒食活性,如卫矛科的苦树(*Celastrus angulata*)、雷公藤(*Tripterygium forrestii*)等。近年来所发现的拒食剂也多是植物性的天然物质,但也有向人工模拟合成发展的趋势(Kojima, 等, 1981; Skinner, 等, 1980)。有些杀菌剂如某些有机锡类及有机硫类的代森锌等和杀虫剂如杀虫脒等也具有拒食活性。总的来说,昆虫拒食剂目前还处于研究试验阶段,要大面积使用还有一定困难,还有不少问题急待解决。但此领域的研究很活跃,预料不很长时间将会有所突破。

(二) 昆虫生长发育干扰剂

昆虫的生长发育是在内、外条件的刺激下,由神经系统支配分泌出多种功能不同的内激素的协调配合下,调节昆虫有机体有规律地进行各种生理生化活动而完成。刺激传入神经系统后,脑是一个综合的中心,除了迅速的神经反应外,脑还能将神经性脉冲转化成激素性脉冲,激动神经分泌细胞释放出脑激素(BH),BH可促使前胸腺、咽侧体分别分泌出蜕皮激素(MH)和保幼激素(JH)。JH和MH可分别活化染色体上特定部位的遗传信息,并通过遗传信息的转录与翻译,合成特殊的蛋白质或酶类。所合成的新蛋白质的性质和特性决定了MH和JH的作用。在正常情况下, MH只发起蜕皮周

期,而JH只控制蜕皮的性质。在昆虫的幼虫体内,MH和JH二者在浓度上有规律的变化,便可以刺激一定发育阶段中RNA的合成或抑制另外一些发育阶段中RNA的合成,从而决定虫态的继续或变化。不难看出,这几种激素如在含量上、出现的时间上稍有紊乱,或其类似物的干扰均可影响昆虫生长发育和变态上的失常而死亡或引致不育效果。当然一些人工合成的不育剂如5-氟尿嘧啶、绝育磷等也可归属于这一类,但这类合成不育剂并不象昆虫激素那样具强的专化性,田间应用危险性较大而限制了使用和发展。

昆虫激素方面的研究首先是从分离提纯昆虫保幼激素,而后合成其类似物而获得突破的。七十年代中期,Bowers等从菊科植物“霍香蓟”类(*Ageratum*)分离此后人工合成出抗保幼激素(早熟素, precocenes),可以破坏咽侧体,干扰JH的生成而形成不育性小成虫。这些物质一般只对昆虫生长发育中一个特定阶段时期有效,且成本较高而使实际应用受到很大限制。MH水溶性较大,不易穿透表皮而只能用作胃毒剂,但只有在较高用量下才能起作用,用量大则又表现出拒食活性,故实际应用价值并不太大。JH及其类似物(JHA)的活性很高,在Pg(10^{-12} g)下便可起作用,且脂溶性较强,可广泛用于仓库、农、林、卫生害虫的防治及益虫利用(如在蚕业上可显著提高蚕丝产量)。

在昆虫生长发育抑制剂研究中,对昆虫表皮几丁质形成抑制剂的发现也是昆虫毒理学上一大进展。灭幼脲类可干扰几丁质生物合成的最后一步,即干扰几丁合成酶对由单个体UDP-NAG生成几丁链的转移活性。这类化合物已商品化,我国也早已合成,现在正在试验推广。它对鳞翅目幼虫的防治有特效,我国已证明对粘虫、松毛虫等害虫防效显著,对天敌、人畜比较安全。

(三) 植物物质特异性杀虫剂的研究进展

对植物物质杀虫剂的研究具有悠久的历史,特别在我国,更是古代文明的见证。早在公元前(《神农本草经》、《汜胜之书》等古代书中已有记载。以后的《齐民要术》(公元540)、《本草纲目》(公元1596)、《农政全书》(公元1639)等农书中已有详细的论述。近几个世纪以来,植物物质杀虫剂的使用已推广至全世界,广泛用于农业、卫生、贮藏害虫的防治。二次世界大战以来,有机合成杀虫剂的问世严重冲击了植物物质杀虫剂的研究和使用,可后来其副作用的出现又有力地促进了植物物质杀虫剂的深入探讨,但在方向上发生了根本性的改变,则主要注重于那些对昆虫具特异性杀虫作用的物质。特别是对一种楝科植物——印楝(*Azadirachta indica*)广泛深入的研究,引起了科学家们的极大兴趣,掀起了一个国际性的研究热潮,曾在1980年6月及1983年5月在西德召开了两次国际印楝专门会议,提交了很多篇论文,内容非常丰富。我国近几年来也在这一方面作了不少工作。华南农业大学昆虫毒理研究室和有关单位协作自1980年以来,在主要研究楝科植物的基础上,先后曾对分属于30个科,50多种植物,以20多种农业害虫为试虫进行了忌避、拒食、内吸、触杀及抑制昆虫生长发育等方面一系列室内及田间试验,发现了一批有希望的品种,取得了可喜的成果(Cox, 1981; Schmutterer, 等, 1981; 赵善欢, 等, 1982; 张兴, 等, 1983 a,b)。

在植物杀虫剂研究中,发现对昆虫有特异性杀虫活性的物质可以划分为以下几类:

a.忌避及拒食性物质:这是最为广泛研究的一类。据初步统计,截止1982年,世界上已正式报道且已鉴定了化学结构的至少有129个化合物,对50多种昆虫作过测试并不同程度的表现出拒食活性(Koul, 1982)。

b.化学不育物质:如从喜树(*Camptotheca acuminata*)中分离出的喜树碱是一种目前所发现的最有效的不育剂(赵善欢, 1979)。

c.脱皮激素及保幼激素类似物: Bowers等(1980)从罗勒(*Ocimum basilicum*)中分离出了两种高活性保幼激素类似物juvocimene I和II, Nishida等(1983)从一种胡椒(*Macropiper excelsum*)中分离出的Juvadecene均可使大马利筋长蝽(*Oncopeltus fasciatus*)生成超龄幼虫。Imai等(1969)对186个科的植物作过广泛筛选,发现80个科的植物中含有蜕皮激素类似物,并确定了40种脱皮激素类似物的结构。最近发现唇形科筋骨草(*Aiuga*)中所含的脱皮激素类似物ajugarins更为引人注目(Schmutterer, 等, 1980)。

d.早熟素类物质:如从熊耳草(*Ageratum houstonianum*)、胜红蓟(*A. conyzoides*)中可提出抗保幼激素类化合物,即现时人工合成的早熟素I和II(Bowers, 1976)。最近在早熟素人工合成方面又有所突破(Camps, 等, 1983)。

e.具麻痹作用的物质:苦树(*Celastrus angulata*)提取物对多种鳞翅目害虫有麻痹作用,麻痹试虫过一段时间后可以苏醒,重新取食后可又进入麻痹状态(吴文君等, 1982, 1983)。

f.具有熏杀作用的物质:一些香精油、挥发油类,如山苍子油、香茅油、柑油等对玉米象(*Sitophilus zeamais*)、米象(*S. oryzae*)有很强的熏杀效果(张兴, 等, 1983 b)。Klingauf(1983)也用十几种香精油对几种害虫作过测定,证明对麦蛾有很强的熏杀作用。

在近十多年的植物杀虫剂研究中,楝科植物为最主要的研究对象。从印楝、苦楝(*Melia azedarach*)、川楝(*M. toosendan*)中先后已提取出了13种三萜烯类化合物,对多种害虫表现出拒食、忌避、拒产卵、破坏表皮形成和生长发育调节作用(Schmutterer, 等, 1981; Chiu Shin—Foon, 1983, 1984)。到1982年,从楝科植物中已分离出280多种柠檬素类(Limonoids)化合物,其中不少对昆虫有生物活性(Taylor, 1983)。以印楝素(Azadirachtin)最为有效,其对沙漠蝗(*Schistocera gregaria*)、秋粘虫(*Laphygma frugiperda*)、斜纹夜蛾(*Prodenia litura*)、棉铃虫(*Heliothis zea*)等多种害虫表现出强烈的拒食活性(Cox, 1981),并在多种作物上对沙漠蝗、棉铃虫等害虫还表现出强的内吸拒食活性(Gill, 等, 1971; Radwanski, 1977; Kubo, 等, 1982)。特别是其对棉铃虫、红铃虫(*Pectinophora gossypiella*)、粘虫、墨西哥豆瓢虫(*Epilachna varivestis*)等多种害虫的生长发育有抑制和干扰作用,可使亚洲玉米螟(*Ostrinia furnacalis*)幼虫长期不化蛹而成“永久

性”幼虫。在对印楝素致毒机理的研究中发现，它可抑制昆虫蜕皮、化蛹和羽化，导致畸形虫体的发生，并有不育效果，还可严重破坏昆虫的表皮形成，引致类似于灭幼脲的中毒症状。从一些包括昆虫行为的综合症状来看，可初步肯定印楝素首先影响昆虫的中枢神经及内分泌系统，干扰大脑神经肽的生成，表现出不但影响昆虫的蜕皮激素，而且也干扰保幼激素及其它激素，从而抑制了昆虫的生长发育和繁殖（Sieber, 等, 1983; 赵善欢等, 1984）。这种系统性的影响作用在实际应用上是很重要的，并不象保幼激素类似物等生长发育调节剂那样只有在昆虫生长的一定阶段期间才能起作用。另外，近来的研究表明，除了以上所述及的几种楝科植物外，还发现有十多种其它楝科植物也对昆虫表现出生物活性。同时也有研究表明这些植物物质基本上对天敌是安全的（Chiu Shin-Foon, 1984; Joshi, 等, 1982）。这些都更加有力地证明了印楝及其它楝科植物的提取物可能成为有前途的杀虫剂。

综上所述，可以看出，目前对杀虫剂所要求的较理想的特异性物质均可从植物界中找到。所以可认为，植物界既是植食性昆虫赖以生存的寄主，又是寻求优秀杀虫剂的天然宝库。这类天然物质具有对害虫不易引起抗性，且资源丰富、加工方便等多种优点，如在人工模拟合成及在结构与活性关系方面研究的突破，无疑在害虫化学防治上是一大进展。

三、害虫管理的未来——预防性农业——综合性农业

在自然界中，我们可以清楚的看到，没有一种植物能逃脱昆虫的为害，但也没有一种昆虫可在所有植物上取食、生存。显然，现存的每一种植物都不同程度的具有抵抗绝大多数植食性昆虫为害的机制，否则就会在生存竞争中被淘汰。而各种昆虫要求得生存，就得适应于植物抵抗机制的各种变化。所以，植物对昆虫的抵抗力是首要的，是第一性的；而昆虫对植物抵抗性的适应是相对的，是第二性的。植物对昆虫的抵抗性和昆虫对植物的适应、选择性之间的密切联系是在自然界发展过程中并列进化、反复循环而交互形成的。随着这一理论的形成和发展，人们逐步认识到利用植物与害虫之间复杂的相互关系来调节害虫种群发生将会成为一安全、经济、稳定、有效的害虫管理途径。在这方面，除了沿用已久的利用植物物质直接防治害虫的研究近年来又有新的进展外，在抗虫植物抗虫机制的探讨而用于抗虫育种方面也取得了显著的成就。特别值得注意的是近年来对植物主动防御机制的揭示，更将这一领域的研究引向深入。

植物抗虫的机制，除了地理分布、生态性避害、本身的组织、形态等方面的因素外，主要是其本身生物化学特性形成的。这些特性可影响昆虫的行为或新陈代谢而左右昆虫的生存和为害程度。有关这方面的研究报道非常多，研究者们不但重视抗虫植物的化学特性，而且也很注意感虫植物的化学因素，从而从正反两个方面为抗虫育种提供理论依据。如棉子酚在棉花抗虫性中的作用已为众所周知，褐稻虱不为害稗是因其中含有反-乌头酸（Kim, 等, 1976）；栎树（*Quercus macrocarpa*）中的栎皮酮（*Querc-*

etin) 是波纹小蠹 (*Scolytus multistriatus*) 的取食抑制剂, 然而榆属 (*Ulmus spp.*) 植物中所含的 α -铁杉内酯 (α -conidendin) 却可刺激这种甲虫取食 (Norris, 1977)。植物因不同生长阶段或成熟程度而表现出的抗虫性是化学因素的典型例证。玉米 (*Zea mays*) 在苗期对欧洲玉米螟 (*Ostrinia nubilalis*) 所表现的强烈抗生性是因为在苗期其体内含有较多的DIMBOA (2,4-二羟基-7-甲氧基-1,4-苯并噁嗪-3-酮) 之故 (Klun, 等, 1967)。近年来对DIMBOA在禾本科植物抗虫性中的作用的研究又有了新的进展 (Robinson, 等, 1982; Argandona, 等, 1983); Schuh等 (1984) 发现几种叶蜂 (*Neodiprion spp.*) 不食北美短叶松 (*Pinus banksiana*) 的嫩叶, 是因为其中多种有机酸, 主要是长叶松酸 (palustric acid) 含量较高。但等叶子长大, 有机酸含量降低到一定程度时便可被大量取食。特别有趣的是, 某些昆虫之间的通讯物质也直接来自于植物 (Edwards, 等, 1980)。在这些大量的植物-昆虫关系方面研究结果的基础上, 在遗传学家和育种学家的配合下, 给我们提供了这样的线索: 运用控制生物内因性状的分子密码的基因技术, 如核酸的种间杂交, 将不同的基因型结合到一个人工品种中而组合成新的抗虫基因, 也可把一种生物专用的合成某种化学物质的核酸片断纳入另一种生物的遗传载体中, 从而使该种生物也具有生产这种物质的本领, 以培育具有抗虫性的品种。用这种技术培育出的品种控制了引诱害虫化学物质的产生, 促进了具驱避或抗生性能物质的生成。近代遗传工程的进展已使培育对害虫具高效而稳定的化学防御性植物品种成为可能 (Maxwell, 等, 1980)。

近几年来在植物抗虫性研究中发现了一种很有趣的现象: 植物体除运用其正常代谢中所产生的次级代谢产物来防御害虫外, 还可在某些特殊情况下“有意识”灵活地调正和运用各种其它化学手段直接地、主动地反应于害虫的侵犯。关于这一方面, Maugh (1982), Baldwin等 (1983), Dhaliwal (1983), Klingauf (1983) 等已作了详细地报道和论述。特别是Patrusky (1983) 对这一领域的研究作了较全面的综述和总结。这方面的研究是从探讨植物对致病菌入侵的反应 (产生植物防御素) 开始的, 并取得了很大进展。这些又启发了科学家们去探索植物对害虫的主动防御性。如美国一位生物学家Schultz观察到, 在1980年舞毒蛾严重发生的区域内, 当1981年再度大发生时却为害甚轻, 其原因是先年受害区的树叶内红栎单宁的含量增高, 叶组织木质化程度也较高。巴拿马昆虫学家Smith的研究表明, 在一种葡萄树上连续饲养燕蛾幼虫三代以上则可显著降低这种虫的生存率, 他指出可能正是这种寄主反应导致在中、南美洲常发生这种害虫大规模迁移。Haukioja等1976年发现, 机械损伤白桦树后, 不但在受害树, 而且在毗邻未经伤害的树叶中总酚量在两天后都增加了, 并可明显影响试虫的生长势。Baldwin等 (1983) 用同位素标记法于密闭条件下在盆栽杨树、糖槭、柳树上重复了这个试验, 并指出植株之间是靠气载信息相互联系的。

很多研究证明, 植物在受到害虫为害, 甚至在受到机械损伤后, 受害细胞可以释放出细胞壁碳水化合物溜份, 扮演高分子信使的角色, 而向其它细胞发出警报, 引致植株体内发生化学变化而产生主动防御性。甚至植株之间还可以通过气载信息传递信号而相互“对话”, 使毗邻未受害的植株体也诱发出相应的化学效应。

植物诱发的防御性反应，可以分为短期和长期两种类型。短期反应较为迅速，但只能减轻本代昆虫种群的为害。而长期反应则可对昆虫的后代发生影响，这种反应的消失要经历一定的时间。如瑞士昆虫学家Geory Benz发现，经灰线小卷蛾为害而在落叶松中所诱发的抗虫性大约在5年后才逐渐消失。这可能是解释某些林业害虫表现出周期性发生较有说服力的根据。这一点对目前的害虫测报工作很有指导意义，过去人们很少考虑植物主动防御反应的产生和消失这一因素在决定害虫发生程度中的重要作用，恰恰这也可能是导致测报工作有时失败的一个主要原因。

研究表明，植物在受害后所产生的主动防御性反应机制，可能与以下四类物质的诱发或引致含量的增加有关：降低消化能力的物质如酚类和蛋白酶抑制剂；生物碱类及其它神经传递作用抑制剂；可产生不完全蛋白质的氨基酸类物质；高活性物质如萜烯类、醌类等。同时，植物的防御反应作用于害虫的表现形式也可分为四种：影响取食；加剧其在植株上的活动或发生迁移而增加了暴露于天敌及其它不利环境的机会；影响昆虫的消化、吸收而抑制其生长发育和直接毒杀作用。

这一研究中的重点是要探讨植物防御性物质的诱发因子，特别是植株之间借以“对话”的气载信息。因为在这方面的突破在实际应用上是很有价值的，有可能会使未来的害虫管理进入所谓的“预防性农业”（Prophylactic agriculture）阶段。就是要准确的预知害虫发生期，然后人为地活化植物的主动防御性来控制害虫的种群数量。当然，培育易诱发出高活性防御物质的品种，研究以天敌利用为主的整个农田生态体系，也是这一阶段中害虫防治的重要内容。Kaufman等已报道了两种不同类型诱发剂的人工合成，其效率要高出天然诱发剂约10倍，显示了实际应用的可能性。

未来的害虫管理可能变得更为复杂，但综合性更强。Albersheim认为，植物细胞壁复杂的化学组成，除了可作为抗虫性诱发因素外，完全还可作为调节植物生长的上百种激素类信息的源泉。施用某些专化性信息物质，还可以控制开花、结果的时间及生长速度等，来抵御或避开不良环境的影响，并可改善品质、提高产量(Patrusky,等1983), Edwards等(1980)对昆虫—植物关系的生态学方面也作了详尽的论述。特别是White(1984)在澳洲通过大量的观察和研究后发现：降水、干旱、温度、光照、施用化学物质、物理损伤、土壤营养、病菌侵染及各种农事操作均可使植物产生应力而影响到植物体内氮素代谢的变化，而可溶性氮素的浓度对害虫的发生发展有着直接的关系。所以如相应改变环境的应力或施用可干扰氮素代谢的药剂而降低可溶性氮素的水平，不但可控制害虫的大发生，而且有助于改善品质，提高产量。显然从这些论述中我们可以明显看出，未来的害虫管理将要结合整个植物生产的生物化学及化学生态学去综合考虑而成为一个主要特点，即可能的“综合性农业”阶段。

四、结 语

上述几个问题主要从害虫化学防治的现状谈起，提出了几个趋向性的问题。发展特

异性杀虫剂,以求获得对环境及有益生物安全、对害虫不易产生抗性的新一代农药,免除过去化学农药的缺点。利用植物与昆虫之间的相互关系人为地制造不利于害虫生存的各种条件,达到控制害虫种群数量的目的,是害虫综合管理法则中所要研究的主要问题。对植物对害虫主动防御的探讨,可以在害虫预测预报上获得新的进展而提高测报准确性。更重要的是要在害物发生之前人为“活化”植物的防御性使其具有抵抗害虫的能力,达到所谓“预防性农业”的境界。而更理想的“综合性农业”中害虫管理是和整个农业生态学、生物化学、化学生态学及农作物的高产优质相联系的。害虫管理只是综合考虑中的一个小因素。

目前,我们还处于常规杀虫剂使用时期,特异性杀虫剂还处于研究试验阶段。这些缓效型杀虫剂的使用和推广在理论上和实践上均还难以被人们所接受。但我们要清楚地看到杀虫剂发展的阶段性及害虫化学防治在概念上和实践上逐步进展的必然性。在害虫化学防治工作中,要积极宣传和推广“害虫综合管理”的各项法则和技术,要认识到常规杀虫剂的缺点而不能只顾及眼下的防治效果和经济效益。我们应从长远的观点着想,从整个环境质量着想,从子孙后代的幸福着想而采取与时代相适应的措施。目前,我们要立足于我国的现实,在积极发展优秀常规杀虫剂的同时及时了解这一研究领域的发展动态,并不失时机地抓住重点环节进行研究突破,把害虫防治现代化和农业生产现代化紧密联系起来,为实现“预防性农业”、“综合性农业”,确保农作物高产优质而努力。

参 考 文 献

〔1〕赵善欢:“害虫化学防治理论及应用的新发展”,《中国农业科学》,1983年,(3):71—78。

〔2〕赵善欢、张兴:“植物杀虫剂对水稻三化螟的拒食及内吸毒力试验”,《中国农业科学》,1982年,(2):55—62。

〔3〕赵善欢、张兴等:“印楝素对亚洲玉米螟幼虫生长发育的影响”,《昆虫学报》,1984年,27(2):241—247。

〔4〕张兴、赵善欢:“楝科植物对几种害虫的拒食和忌避作用”,《华南农学院学报》,1983a年,4(3):1—7。

〔5〕张兴、赵善欢:“几种植物性物质对米象、玉米象的初步防治试验”,《粮食贮藏》,1983b年,48(1):1—7。

〔6〕Argandona, V.H.; L. J. Corcuera; H. M. Niemeyer; B. C. Campbell 1983 Toxicity and feeding deterrency of hydroxamic acids from Gramineae in synthetic diets against the greenbug, *Schizaphis graminum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 34 (2):134—138.

〔7〕Baldwin, T.; C. Schulz 1983 Rapid changes in tree leaf chemistry induced by damage: evidence for communication between

plants. *Science* (221) : 227—278.

[8] Camps, F., Baldellou, M., X. Belles, O. Colomina, J. Coll, A. Messeguer, S. Ricart 1983 Design of anti-JH compound related to precocenes. In pesticide chemistry, human welfare and the environment. Proceedings of the 5th International Congress of Pesticide Chemistry, Kyoto, Japan, 29 August 4 September 1982. Volume I. Synthesis and structure-activity relationships. (edited by Miyamoto, J., Kearney, P. C., Doyle, P., Fujita, T.) Oxford, UK, Pergamon Press (1983) : 183—186.

[9] Chiu Shin-Foon 1983 The active principles and insecticidal properties of some chinese plants with special reference to Meliaceae. *Proc. 2nd Int. Neem Conf.* (in press) .

[10] Chiu Shin-Foon 1984 Recent research findings on Meliaceae and other promising botanical insecticides in China. Forum: Research Planning workshop on Botanical Pest Control Project IRRI Los Banos, 6—10 Aug. 1984.

[11] Cox, A. 1981 Neem--- Pesticide potential. *International Pest Control* 23 (3) : 68—71.

[12] Dhaliwal, G. S. 1983 Allelochemicals and insect resistance in crop plants. *Pesticide* 17 (6) : 3—8.

[13] Joshi, B. G., Ramaprasad, G., S. Sitaramaiah 1982 Effect of a neem kernel suspension on *Telenomus remus* an egg parasite of *Spodoptera litura*. *Phytoparasitica* 10 (1) : 61—63.

[14] John, P., D. Dale, J. Mathew 1982 Insect antifeedant action of some fungicides. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 94 (1) : 32—34.

[15] Klingauf, F. 1983 Self-defence of plants against insect infestation. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent* 48 (2) : 137—147

[16] Klingauf, F., Bestmann, H.J., Vostrowsky, O., Michaelik, K. 1983 The effect of essential oils on insect pests. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie*. 4 (1/3) : 123—126.

[17] Koul, O. 1982 Insect feeding deterrents in plant. *Indian Rev. Life Sci.* (2) : 97—125.

[18] Kubo, I., J.A. Klocke 1982 Azadirachtin, insect ecdysis inhibitor. *Agric. Biol. Chem.* 46 (7) : 1951—1953.

[19] Maugh, T. H. 1982 Exploring plant resistance to insect. *Science* (216) : 722—723.

[20] Nishida, R., Bowers, W.S., Evans, P.H. 1983 Juva-decene, discovery of a juvenile hormone mimic in the plant, *Macropiper excelsum*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 1 (1) : 17—24.

[21] Partrusky, B. 1983 Plants in their own behalf. *Mosaic* 14 (2) : 32—39.

[22] Radwanski, S. 1977 Neemtree 3. Further uses and potential use. *Wld. Crops Livestock* (29) : 167—168.

[23] Rembold, H., E. Winter 1982 The chemist's role in host-plant resistance studies. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Proceedings of the International Workshop on *Heliothis* Management, 15—20 November 1981, Patancheru, A. P., India.

[24] Robinson, J.F., J. A. Klun, W.D. Guthrie, T. A. Brindley 1982 European crop borer (Lepdoptera: Pyralidae) leaf feeding resistance, Dimboa bioassays. *Journal of the Kansas Entomological Society* 55 (2) : 357—364.

[25] Schuh, B. A., D. M. Benjamin 1984 Evaluation of commercial resin acid as feeding deterrents against *Neodiprion dubiosus*, *N. lecontei*, and *N. rugifrons* (Hymenoptera: Diprionidae). *J. Econ. Ent.* 77 (3):802—805.

[26] Sieber, K—P., H. Rembold 1983 The effects of azadirachtin on the endocrine control of moulting in *Locusta migratoria*. *J. Insect Physiol.* 29 (6) : 523—527.

[27] Taylor, D. A. H. 1983 The chemistry of the Limonoids from Meliaceae. In "Progress in the Chemistry of Organic Natural Products". p 2—93.

[28] White, T. C. R. 1984 The abundance of inveterbrate herbivores in relation to the availability of nitrogen in stressed food plants. *Oecologia* (Berlin) (63) : 90—105.

Progress in Concept of Chemical Control of Harmful Insects

Zhang Xin

(the Plant Protection Department, Northwestern College of Agriculture)

Abstract

Based on the existing conditions of chemical control of harmful insects and its progress in the present research, several tendentious problems were advanced in this paper. The slow-release insecticides with peculiar properties of the botanical ones in particular will be developed in order to obtain the new chemicals to be safe to the environment and the non-target living things and to produce no resistance to the harmful insects. Thus, the disadvantages brought about by chemical herbicides in the past will be overcome. Also, the unfavourable conditions can be created for the harmful insects to live by using the relationship between the plants and insects. Therefore, controlling the population of the harmful insects a major problem in the integrated management of them. The interpretation of plants preventing themselves from being attacked by harmful insects will give a clue to the prediction of the harmful insects so as to raise the accuracy of prediction. Before the outbreak of the harmful insects, the defence system of the plants activated by man can obtain the field of "the preventive agriculture." In the integrated agriculture, the harmful insect management is closely related to the entire agroecology, biochemistry, chemical ecology, and the high quality and high yielding of farm crops, which is one factor to be taken into consideration in the integrated management of them.