

杀虫剂及农业害虫化学防治的展望

赵 善 欢

(华南农业大学昆虫毒理研究室, 广州·510642)

摘 要 论述了杀虫剂和农业害虫化学防治理论和实践的现状及展望,着重论述了昆虫生长调节剂和植物性杀虫剂的研究进展。作者指出为了解决害虫抗药性这一严重问题,必须把实验室测试和田间调查分析,即作者早先提出的“田间毒理学”,结合起来进行研究。

关键词 杀虫剂, 化学防治, 农业害虫 药剂防治

中图分类号 S482.3, S481

在害虫防治上杀虫剂的应用是需要的,化学防治在害虫综合防治上占有着重要的地位。关键问题是应用哪些杀虫剂品种及怎样合理施用。可以预见到今后杀虫剂将有较大发展,化学防治将日益发挥他在综合防治上的作用。本文主要就植物保护方面的一些重要问题进行讨论。

1 理论上的研究

1.1 杀虫剂作用机理的研究

从50年代开始,我国曾进行一些杀虫剂毒理的研究^[1],例如昆虫胆碱酯酶活性的测定,柞蚕寄生蝇及蚕体对乐果的反应,家蝇、蚊、棉蚜及三化螟等害虫抗药性的研究,但比之先进国家远为落后。杀虫剂作用机制以有机磷及氨基甲酸酯类对胆碱酯酶的抑制探讨最为深入和富有成果。昆虫乙酰胆碱突触系统的研究特别是有机磷杀虫剂作用机理的研究比较明确。随着这个系统之后所研究的是神经传递阻塞剂,即阻止乙酰胆碱的传导而不作用于胆碱酯酶的化合物,这就是我们当前大量广泛使用代替六六六的沙蚕毒类杀虫剂,包括巴丹、杀虫双、杀虫单、易卫杀(硫环杀)、杀虫螨(Bensultap, TI-78)等。由于作用靶子的不同,沙蚕毒类杀虫剂可应用于防治对有机磷产生抗性的害虫,如推广使用巴丹防治抗药性的小菜蛾。

章鱼胺(对羟苯- β 羟乙胺, Octopamine)是无脊椎动物的神经传导剂,曾在直翅目昆虫足的肌肉、鳞翅目昆虫的飞翔肌肉及蜚蠊中枢神经系统的组织中发现。近年的研究结果表明^[2],杀虫脒是章鱼胺的激发剂。杀虫脒是一种杀螨剂,对多种鳞翅目幼虫有明显的拒食作用,并影响昆虫的行为,使用亚致死剂量即可达到防治的目的。从70年代开始,我国应用杀虫脒防治水稻螟虫及棉花害虫等是成功的,长期受到农民欢迎。最近我国已决定停止生产及使用杀虫脒,据说是由于致癌问题,作者认为这还值得进一步深入而全面的研究,再作论证。

收稿日期:1992-11-09.

GABA(γ -氨基丁酸)是神经化学递质。GABA 突触的抑制剂有可能成为在低剂量条件下高效的杀虫剂,例如从土壤细菌分离得到的 Avermectins, Abamectins 及其衍生物,在 $0.02\mu\text{g/g}$ 浓度的作用下即对昆虫有活性,已开始在生产上应用。GABA 受体是杀虫剂作用靶子之一,这是毒理学上的新发现。

从天然除虫菊有效成分化学结构及生物活性的研究,发展到合成一系列对光稳定,对人、畜安全而对害虫高效的拟除菊酯类,这是杀虫剂在理论探索及生产应用上的一个重大突破。拟除虫菊酯与滴滴涕的作用机制相似,这两类杀虫剂的化学结构是不同的,但都是神经毒剂,作用部位是在神经轴突的钠离子通道。值得注意的是最近发现一些昆虫对拟除虫菊酯与滴滴涕有交互抗性的现象,而菊酯对害虫天敌一般杀伤力是强的。

不以抑制胆硷酯酶活性为基础而试制新杀虫剂的工作已进行多年,这方面的研究会导致合成对人类较安全的品种。1987年美国化学会曾举行关于神经激素及神经传导化学的专题讨论会,后来出版了一本专著^[3]。我国关于这方面的研究虽然亦进行了一些工作,例如沙蚕毒类杀虫剂对神经传递的作用^[4]、昆虫受滴滴涕中毒后产生的神经毒素^[5,6],但比之先进国家差距甚大。

由于对杀虫剂作用机制的研究逐步深化,英国昆虫毒理学专家 Philip Gerolt 在1983年提出,一般所谓“神经毒剂”如有机氯、有机磷、氨基甲酸酯及拟除虫菊酯类杀虫剂进入昆虫体内后,到达作用靶子的药量是不足以说明对神经系统发生影响,过去所说关于这些杀虫剂作用机制的解释是不能令人满意的。他认为杀虫剂主要作用于昆虫的表皮,表皮从体壁延伸至前肠、后肠等,内凹陷入而由气管系统通到所有的内部器官。昆虫中毒是由于整个表皮的水分平衡受影响而引起的,毒剂不是通过血液而传至神经系统,而是在表皮组织进行侧向活跃的传导(图1,2)。

这种反应也可用来解释增效、拮抗及抗药性现象。他指出通常所谓触杀剂、胃毒剂及薰蒸剂只是说明施药的方法而不是作用机制^[7]。Gerolt 提出的新学说还不成熟,但值得开展进一步的试验,无疑地将会推动昆虫毒理学的重大发展。

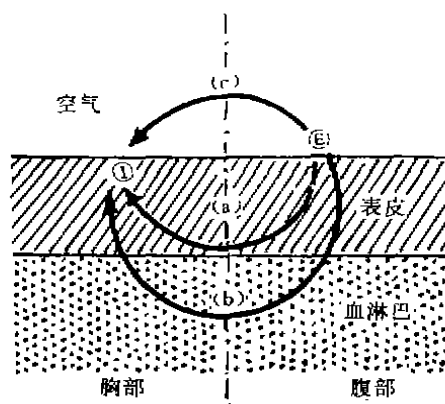


图1 杀虫剂进入昆虫体内的可能途径
(根据 Philip Gerolt, 1983)

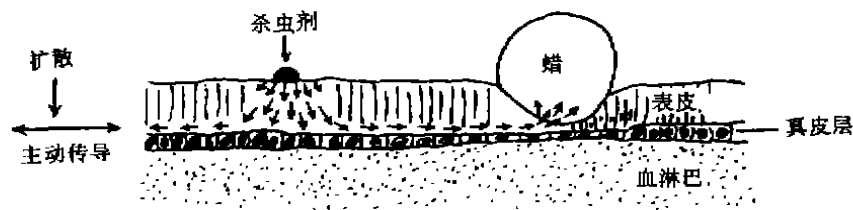


图2 杀虫剂在昆虫表皮内的侧向移动
(根据 Philip Gerolt, 1983)

研究昆虫表皮骨化(鞣化或单宁化)及对几丁质形成的抑制剂是近年杀虫剂作用机制新发展领域之一,并已开始在生产上应用。灭幼脲及其类似化合物苯甲酰苯脲类(Benzoylphenyl ureas)作用于昆虫变态过程中新表皮的形成,是几丁质合成的抑制剂,在生产上已成功地应用为昆虫生长发育抑制剂(IGRs)。这类化合物对鳞翅目幼虫具有特效,对苹果蠹蛾等害虫具有杀卵作用,对害虫天敌安全,是一类优良的选择性杀虫剂。值得注意的是最近发现的天然产品印楝素、川楝素及从蓝雪科一种植物分离得来的蓝雪花素(Plumbagin),对一些昆虫的表皮具有明显的破坏作用。这些天然产品化合物对昆虫表皮的作用机制值得作进一步的研究。最近新发现灭幼脲影响幼虫保幼激素的分泌,从而抑制生长发育而引致死亡。

昆虫对药剂的抗性自1914年在美国加州发现梨园蚧对石硫合剂产生抗性之后,没有引起人们的重视,直至40年代始,大量滥用滴滴涕、六六六及有机磷等杀虫剂,才引起强烈的反应,这表明抗药性问题的严重性在许多情况下是由于不合理地滥用农药而发生的。近30余年国内外对昆虫抗性的遗传、生理、生化做了大量的研究,特别是关于昆虫体内多功能氧化酶系(MFO)对药剂的解毒作用的研究,对于抗性机制的阐明起了重要的作用。此外,对一些害虫种群抗药性的产生,已开始应用生物化学的监测方法(Biochemical monitoring)来测定。例如在日本对水稻叶蝉及飞虱体内酯酶系活性的测定,已提出一套可行的方法,这也是抗性研究的新发展。在这方面我们对蚊虫做了一些工作^[8]。在植物保护上关于害虫抗药性的管制(Management of resistance)已成为80年代重要的课题。抗药性是由于杀虫剂对昆虫的选择压力及不合理使用农药而产生的。影响抗性形成的因素是复杂的,主要的有遗传因素(例如抗性基因的频率及其数目)及生物学的因素(包括每年昆虫的世代数、繁殖力及昆虫的行为)。这两类因素是昆虫种群所具有的本质,人们是不能改变的。影响抗药性形成的另一类重要因素是化学防治所采用的方法,包括杀虫剂的品种选择、杀虫剂的化学性质、剂型及其残留状况、施药技术(包括使用浓度、施药次数、施药方式等)以及增效剂的应用等,这类因素是人们可以控制的。根据某种害虫抗药性在遗传及生理上的表现,我们完全可以调节或改变化学方法以延缓或防止抗药性的发生。在这方面,害虫综合防治(IPM)措施是起着重要作用的。因此研究抗药性不能单独只在实验室内进行,必须与农田生态系统及害虫种群变动与迁飞相结合,这是我们今后研究抗药性的重要方向^[9]。

必须指出,不是所有杀虫剂使用后都会使害虫产生抗药性。例如美国应用谷硫磷(Azinphos methyl)防治苹果蠹蛾、李象虫、苹果蛆已十余年及应用二嗪农(Diazinon)防治几种害虫,至今未产生抗性。我们在广东就荔枝蜡蛾对杀虫剂的自然抗性作了一系列的研究后,提出每年喷射敌百虫两次防治荔枝蜡,可收到良好的效果,至今在广东推广使用已20余年,尚未见产生抗药性现象。这是由于合理使用农药所获得的结果,这个经验是值得总结推广的^[9]。另一方面,应用植物源杀虫剂如鱼藤、印楝、烟草及天然除虫菊等防治害虫,亦从未有产生抗药性。我们可以预料应用楝科植物种子抽提物防治害虫也不易产生抗性。杀虫植物有效成分在天然状态存在的条件下为什么对害虫不会引致抗性?在理论上是值得深入探索的。

1.2 天然植物产品的研究

从60年代开始,从植物中分离提取对昆虫具有活性的物质,这方面的研究工作受到重视,特别是昆虫忌避剂、拒食剂及生长发育抑制剂的试验研究正在广泛开展。已发现的植物物质拒食剂中比较重要的有数十种,其中萜烯类化合物(Terpenes)最为重要。例如外国从印楝分离得印楝素(Azadirachtin),我国从川楝分离得川楝素(Toosendanin),都是比较突出的拒食剂和生长发育抑制剂。近十年来,华南农业大学昆虫毒理研究室与有关单位协作,应用苦楝、川楝及印楝等杀虫植物对26种农业害虫(分隶属于6个目、13个科)进行试验,发现供试植物对害虫具有不同程度的活性。除了对植物的化学成分及作用机制进行初步研究外,还从实际害虫防治上做了一系列的试验,明确了苦楝油对柑桔全爪螨、松突圆蚧,川楝素杀虫乳油对菜青虫、甘蓝夜蛾,苦楝及川楝种核的甲醇和石油醚油抽提物对稻瘿蚊,印楝及苦楝抽提物对东亚飞蝗、竹蝗和稻螟均有较高的防治效果^[10]。值得注意的是植物物质杀虫剂的有效成分除了具有对昆虫的忌避、拒食及生长发育抑制作用外,还具有杀菌、杀线虫、杀钉螺等多种作用,在植物保护上应用潜力很大。

植物杀虫剂的优点是对人、畜一般比较安全,不污染环境,与常用的有机磷、氨基甲酸酯类杀虫剂的杀虫作用机理完全不同。此外,对害虫天敌较为安全,适合于综合防治的要求。在实际应用上,当前可先在杀虫植物资源丰富的地方设立加工厂,研究抽提及配制方法,以便推广使用。近年来在菊科植物中发现噻吩类及多炔类二大类化合物有光活化活性,具有创造一类新杀虫剂的潜力。在科学技术发展的前景上,植物物质杀虫剂的研究可与培育抗虫、抗病品种相结合,在遗传工程上大有可为。对天然产品的有效成分化学结构与其活性关系的研究,可直接合成结构相似而比较简单的化合物,例如活乐木醛、环-萜类化合物及茵陈二炔(Capillene)等。同时亦可进一步从复杂的化合物中进行人工模拟合成,创制具有对环境安全的新农药。拟除虫菊酯类的创制成功就是一个范例。从现代信息科学来看,研究昆虫与植物的关系,以及一株植物受虫害后与其邻近植物的信息传递,可在生物学方面开辟新的领域。我国植物资源十分丰富,研究天然植物产品是具有巨大潜力的。在创制新农药品种、发展农药科学方面,我国应走自己的道路。研究天然植物产品是走自己道路的一个重要途径。

1.3 杀虫剂使用技术的研究

农药使用技术水平低的关键问题是田间喷撒农药在植物上的有效沉积量很低。例如应用敌百虫防治荔枝蜡蛾,药剂在叶片上的沉积量如分布均匀,可以显著地提高防治效果。一般地估计,采用常规农药喷撒方法,大约有70%~80%甚至更多的农药失掉,他们大部分进入环境中成为污染物。在水稻抽穗期喷药,用常规喷雾法1hm²喷施750kg药液,经测定落入田水中的药剂平均达79%,如广东各地所用的水唧筒则损失量更多^[11]。低量和超低量喷雾法由于喷液量少,因此工效可以大幅度提高,而且药剂在植物上的有效沉积率也大为提高。近年来发现,自然界各种生物体对不同细度的雾点有不同的捕获能力,大多数昆虫能捕获较小的雾滴。这种现象已被总结为一种理论,称为生物最佳粒径理论(BODS)。控制雾滴喷撒技术(CDA),就是根据生物体对雾滴的选择而提出的。根据国外测定,松树叶所捕获的最佳粒径为11~35μm,棉花生长点所捕获的最佳粒径为20~28μm,采采蝇成虫在有风有情况下对20,40,60μm粒径的雾滴捕获能力很强。如能充分

利用这种理论,对于提高喷药效率、防止污染是具有重大意义的^[12]。

我国农药使用技术现在仍很落后,表现为农药浪费大、污染重、人、畜中毒事故多。主要由于技术水平低,药械陈旧简陋,因而经济效益低。国外从60年代起着重研究农药剂型配方、微雾点的分布,力求命中植物、昆虫或病菌靶体,以减少用药量,防止残毒公害。英国已研究静电喷雾的剂型和机具,使带正电荷的药物雾滴为植物表面负电荷所吸引,均匀分布于叶片的表面及底面,提高施药效果。

2 杀虫剂品种的开发及其应用

建国以来,我国农药工业从无到有,现拥有农药品种100个以上,初步形成了自己的农药工业体系。但由于我国农药工业的基础与先进国家相比,差距还很大,研制新品种的技术和手段还较落后,过去以仿制和引进为主。因此,我国发展高效、安全、无公害的农药品种,必须立足于我国的国情。加强原有的品种的改造,在短期内应创制自己的新品种和引进先进生产技术,建立新品种的生产路线,并使农药原料和中间体配套^[9,13]。

2.1 有机氯杀虫剂

自从40年代六六六、滴滴涕的大量生产及广泛应用,在植物保护及卫生防疫上的重要作用是不容置疑的。60年代初,人们发现其残毒及污染问题后,70年代初,各国陆续禁用或限用。我国于1983年停止使用,但从卫生防疫及农业生产上的急切需要考虑,滴滴涕及林丹应保留一定数量供应需要。这两个品种还是比较安全有效的。滴滴涕近年经过反复研究,已证实没有致癌作用。

2.2 有机磷杀虫剂

继有机氯之后,有机磷杀虫剂的创制和应用最为迅速,至今拥有的品种多,生产吨位大。但其中有些品种毒性较高、抗药性问题较突出以及单位面积用药量较大,因而其用量有下降的趋势。但对有机磷杀虫剂来说,改造及挖掘高效低毒品种的潜力仍很大。例如甲胺磷乙酰化后即得乙酰甲胺磷,两者的杀虫作用一样,而乙酰甲胺磷对高等动物的毒性却比甲胺磷低45倍,对鲤鱼的致死中浓度在1000 $\mu\text{g/g}$ 以上,是迄今为止对鱼类最安全的杀虫剂,而对蚜虫寄生蜂等天敌又比较安全。因此,虽然生产成本稍高,但我们认为发展乙酰甲胺磷代替甲胺磷是我国目前杀虫剂生产的一个重要改革,是杀虫剂的高效低毒化发展的范例。重要的问题是产品在质量上要求把甲胺磷及其他杂质减少到最低限度。

此外,辛硫磷是一个高效、低毒、低残留品种,具有很强的广谱性触杀、胃毒作用,对鳞翅目幼虫有特效。在光照条件下降解迅速,适用于果、蔬、茶、桑、仓库及卫生害虫防治。但在黑暗条件下降解缓慢,土壤施用防治地下害虫残效可达1~2个月。国内研究加工成“高含量低用量”的辛硫磷颗粒剂,撒施于玉米心叶,对玉米螟有较高的防治效果。此外,马拉硫磷、乐果、氧化乐果也可继续使用。甲胺磷在蔬菜上应禁止使用。

2.3 氨基甲酸酯类杀虫剂

氨基甲酸酯类杀虫剂是一类高效的杀虫剂,现正在迅速发展,其中我国大量使用的呋喃丹,其原药目前是靠进口的。这个品种值得我国自己大量生产。

呋喃丹是一个广谱性杀虫剂和杀线虫剂。具有胃毒、触杀及内吸作用,可用于40多种作物上,防治土壤及地面上300多种害虫。在水稻、棉花、甘蔗等作物上以颗粒剂进行根区

施用,不仅可延长有效防治期,且可避免杀伤害虫天敌。例如我国南方稻田每 hm^2 根区施用3%呋喃丹颗粒剂37.5~45kg,可有效地防治二化螟、三化螟、飞虱、叶蝉、稻瘿蚊、蓟马、稻象甲等害虫,残效期可达40d。晚稻秧田一次用药,即可防治整个秧田期的虫害。此外,呋喃丹对作物有显著的刺激生长作用。例如山区长期积水沤根的湖洋稻田,施用呋喃丹不仅防治了蓟马等虫害,而且刺激了水稻根系的生长,增强其吸水吸肥能力及避免了赤枯病的发生。呋喃丹亦可用于甘蔗田防治多种害虫,并显著提高甘蔗产量。但目前我国农民在呋喃丹使用上还存在不少问题,如发生人、畜中毒,滥用于蔬菜上引起残毒问题等,必须注意安全,禁止采用喷雾法施用此药剂^[14]。

涕灭威(Aldicarb)是内吸性很强的高效杀虫剂,但毒性高,会污染地下水,它的使用应加以严格限制。

2.4 拟除虫菊酯类杀虫剂

自从创制了对光稳定而又高效的拟除虫菊酯类品种,1975年开始在田间实际使用,应用比较广泛的是氰戊菊酯、溴氰菊酯及氯氰菊酯等。拟除虫菊酯的特点是广谱、高效、单位面积用量少,对环境污染小,对人、畜较安全,且对作物生长也有促进作用。

国外近年发展顺式氯氰菊酯、含氟的菊酯及其他品种,可较大幅度地提高其生物活性。近年发现菊酯类杀虫剂其光学活性与生物活性相关的现象,已受到高度重视。最近在拟除虫菊酯的化合物中出现了一些杀螨毒力较强、残效期长而适用于防治土壤害虫和一些对鱼类毒性较低的新品种,值得重视^[15,16]。

我国对拟除虫菊酯的合成生产及田间试验投放了较大的力量,现已能生产氰菊酯、氰戊菊酯及氯氰菊酯等品种,这类杀虫剂今后还要发展,但在使用上必须注意抗药性的产生、对害虫天敌的影响及防止害虫的再猖獗。

2.5 沙蚕毒类杀虫剂

该类杀虫剂是以沙蚕毒素为模板仿生合成的一系列衍生物,具有突出的优点,是一类比较有前途的杀虫剂。其中杀虫双是我国自己创制用以取代六六六的重要品种,已广泛应用。目前应加强该品种质量稳定性和剂型的研究。根据我们过去几年来的反复试验,证明易卫杀混呋喃丹或杀虫双混杀虫脒根区施用是防治水稻害虫最有效的配方之一,这方面的试验已达到国际先进水平^[17]。在这类杀虫剂中,今后要加强对杀虫双及杀虫单的研究。最近应用杀虫双大粒剂防治水稻螟虫等已通过鉴定,对蜘蛛天敌有保护作用,可以在我国推广使用。

2.6 灭幼脲类及昆虫生长调节剂

灭幼脲是苯酰基脲类杀虫剂,作用于昆虫几丁质合成酶及昆虫内激素,从而影响昆虫的生长发育。它对鳞翅目有特效,是一类新发展的选择性农药。国内已能合成灭幼脲1,2,3号三个品种。经试验证明灭幼脲3号对粘虫高龄幼虫及松毛虫幼虫效果很好。此外,灭幼脲对稻纵卷叶螟、柑桔锈壁虱及蚊虫等亦有较高的防效。这类杀虫剂高效、低毒,具有较强的专一性,单位面积用药量少。黑龙江省林区应用灭幼脲3号100~200 $\mu\text{g/g}$ 防治赤松毛虫以及最近广东省从化县应用灭幼脲3号防治马尾松毛虫,效果均显著,且对害虫天敌安全,对环境污染少。国外近年已合成多种灭幼脲的类似化合物,例如新合成的 IKI-7899等及与灭幼脲类化合物结构不同的噻嗪酮,比灭幼脲的毒力更强^[18,19]。灭幼脲类对选择性杀虫

剂的应用起了推动作用,建议我国扩大试验及逐步推广使用,但在养殖虾的地区要禁止使用。

3 农业害虫化学防治的展望

在农业害虫防治上可以预见到今后杀虫剂及化学防治方法仍在植物保护上占着重要位置。今后的发展方向是创造更安全、更高效、经济效益又高的农药品种及推广新的使用技术,具有选择性的品种(即对人类安全、不污染环境、不杀伤害虫天敌)将被广泛使用。

3.1 毒理学研究是发展我国杀虫剂的理论基础

在毒理研究方面,杀虫剂对害虫及人、畜等的中毒机理及有关生理生化的研究是创制高效、低毒及无公害新品种的基础。为了加速我国农药的理论研究,应由农药研究机构负责组织化学、农业、生物学及卫生等有关方面协作,有计划地开展专题研究,才能逐步从农药品种的仿制走上自己发展创制适合于我国品种的道路。在今后研究工作中,应特别重视发展具有选择性的品种。

毒理学一方面应由组织细胞的生理生化研究,逐步进入分子研究的水平,发展分子水平的研究(包括遗传工程的研究);另一方面应依据生态学的指导思想发展环境毒理学,研究田间有害生物种群的变动及周围生物群落与农药施用的关系,以达到提高药效及保护环境的要求。

3.2 害虫抗药性对策研究是农业害虫防治的重要环节

在害虫抗药性的监测及管理方面,抗药性是由于农药对防治对象的选择压力以及不合理使用农药而产生的。影响抗性形成的因素是复杂的,除了遗传及生物学的因素外,还有农药的品种、剂型、残留、施用方式及施用量等。因此,对害虫抗性发生规律的研究,不能单独在实验室内进行,而必须以田间毒理观点为指导,与农田生态系统相结合。

应加强对昆虫抗药性的生理生化基础理论研究,特别是昆虫体内多功能氧化酶系及其他酶系对药剂的解毒作用研究,以便更好地预防、延缓害虫抗药性的产生。此外,在全国各地应对农作物重要害虫如水稻三化螟、二化螟、稻飞虱、玉米螟、棉铃虫、棉蚜、红蜘蛛、小菜蛾、菜青虫和米象等进行有计划的监测。除了已明确产生了抗性的害虫外,对一些尚未产生明显抗性的重要害虫也要进行监测,并以综合防治为基础,提出一套可行的预防抗药性产生的措施。

3.3 开发天然活性物质是创制新型杀虫剂的重要途径

在天然产品的研究方面,拟除虫菊酯类创制的成功,是从天然产品开发农药资源的重大突破,这方面的研究还具有很大潜力。近年来,国内外有关楝科植物对害虫的忌避、拒食及抑制生长发育作用的研究正迅速开展。我国对植物杀虫剂的研究与应用,曾做了不少工作,作出了一定的贡献。近4年来,我们开展楝科植物防治害虫及作用机理的试验研究,发现应用苦楝油防治柑桔全爪螨、苦楝油混合少量化学农药防治水稻害虫以及川楝素粗制品乳剂防治菜青虫等害虫效果都很好,可实际推广应用。通过天然植物有效成分的化学结构与其生物活性关系的研究,可直接合成结构比较简单的活性化合物,也可从比较复杂的植物化学成分中进行仿生合成类似的活性化合物,创制出高效的对环境安全的新农药。天然产品的利用可从直接使用自然资源及人工仿生合成两方面进行。今后可预期我国在农

业害虫防治上能实际应用几种有效的植物性杀虫剂,达到高效、安全、经济的要求。另一方面,近几年来,关于一些菊科植物含有光活性化合物(Phototoxic compounds)的研究获得显著的进展,这类化合物主要是多炔类(Polyacetylenes)及噻酚类(Thiophenes)化合物,经光照后杀虫活性大大提高。这类化合物对蚊子幼虫及农业害虫的防治具有很大的潜力,值得深入研究。如噻酚对按蚊(*Anopheles gambiae*)幼虫的有效中浓度(ED_{50})为7.45g/hm²,药效显著。在我国广泛分布的万寿菊(*Tagetes electa*)就含有这类光活性的化合物^[80]。此外,利用分子生物学、量子化学、分子结构与生物活性的关系,用计算机辅助设计创制及筛选新农药也是必须发展的一个重要方面。

3.4 多学科综合性研究是农业害虫综合防治的根本措施

当代科学技术不断飞跃发展,正酝酿着一场新的革命。这次革命包括的内容很多,如信息科学、电子计算机技术、激光技术、生物工程、海洋开发、能源利用、材料科学等。可以预见,今后越来越多地利用电子计算机进行农药的分子设计;另一方面,利用电脑进行田间害虫种群数量变动的预测,以指导准确地施用杀虫剂;生物工程的研究手段及研究成果对植物保护科学将起很大的推动作用,并可充分应用于创制新农药品种的试验研究中;抗虫抗病育种是植保工作的重要环节,培育抗虫抗病品种,可把一种生物专用的某种物质合成的核酸片断纳入另一生物的遗传载体中,从而引起该种生物具有生产这种物质的本领^[80]。例如马铃薯被甲虫咬食后,产生一种抑制蛋白酶的酶物质,可应用DNA重组技术把这种物质转入另一植物体内,从而使之产生抗虫性。研究植物对昆虫具有活性的物质、植物与昆虫、植物与植物之间化学信息的传递,可与抗虫抗病育种及植物自身的防御系统相结合,相互推动,为植保科学的发展开辟新的领域。

参 考 文 献

- 1 钦俊德. 中国昆虫毒理学. 昆虫病理学三十年. 昆虫学报, 1979; 22(3): 249~256
- 2 Hollingworth, RM *et al.* 5th Int Cong Pesticide Chemistry. Kyoto, Japan (Abstract), 1982
- 3 Narahashi T. Neurotoxicology of Insecticides and Pheromones. New York, Plenum Press, 1979
- 4 尚雅珍, 邹水华, 王银淑等. 防治水稻害虫新型杀虫剂硫环系的试验研究. 植物保护学报, 1982; 9(3): 211~216
- 5 张宗炳, 吴士雄, 金恒亮. 昆虫神经毒素的研究: 酯胺为 DDT 麻痹的蜚蠊血淋巴毒素. 昆虫学报, 1984; 27(1): 15~22
- 6 张宗炳, 吴士雄, 程念胜等. 昆虫神经毒素的研究: 各种神经毒剂引起毒素的产生. 昆虫学报, 1984; 27(2): 165~172
- 7 Gerolt P. Insecticides; their rout of entry mechaniam of transport and mode of action. *Biological Review*, 1983; (58): 233~274
- 8 陈文美, 刘维德, 吴能. 昆虫学研究集刊(第2集). 上海: 上海科学技术出版社, 1981
- 9 赵喜欢. 害虫化学防治理论及应用的新发展. 中国农业科学, 1983(3): 71~78
- 10 Chiu, Shin-Foon (赵喜欢). The active principles and insecticidal properties of some chines plants with special reference to Meliaceae. *Proc 2nd Intern Neem Conf*, Rauischholzhausen, FRG. 1983. 255~261
- 11 屠子钦. 农药科学使用指南. 金盾出版社, 1989
- 12 Menn J J. Contemporary frontiers in chemical pesticide research. *Jour Agric and Food Chem*, 1980; 28(1): 2~8
- 13 李正名. 农药化学进展. 农药, 1991; 30(4): 3~8
- 14 赵喜欢, 胡美英. 杀虫剂呋喃丹的特性及其安全使用. 植物保护, 1984; 10(5): 17~18

- 15 Beeman R W. Recent advances in mode of action of insecticides. *Ann Rev Ent*, 1982; (27): 253~281
- 16 Metsumura F. *Toxicology of insecticides (2nd Ed.)*. New York: Plenum Press, 1985
- 17 赵善欢, 黄彰欣, 黄端平. 根区施药的原理及其在水稻害虫防治上的应用. *华南农学院学报*, 1980; 1(2): 1~32
- 18 Elliott M. The future of insecticides. In: *Insect Biology in the Future*. London: Academic Press, 1980: 879~903
- 19 Coats J R. *Insecticide Mode of Action*. Academic Press Inc, 1982
- 20 Fields P S *et al.* Phototoxins as insecticides and natural defences. In: Anason J F, Philogene B J R. *Symposium on the Role of Plant-derived Substances for Insect Control*. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 1991, 159

Prospective on the Future Development of Insecticides and Chemical Control of Agricultural Insect Pests in China

Chiu Shin-Foon

(Laboratory of Insect Toxicology, South China Agricultural University, Guang Zhou, China, 510642)

Abstract This paper deals with the theoretical and practical implications and various fields for the future development of insecticides and chemical control of insects on agricultural crops. Emphasis is also placed on research progress in insect growth regulators (IGRs) and botanical insecticides. The author points out that in order to solve the serious problem of insecticide resistance, laboratory studies (bioassays etc.) must be carried out in close connection with field investigation, that is, a proposal based on the author's concept "field toxicology of insecticides".

Key words insecticides, chemical control, agricultural insects