

医学昆虫防制研究的新发展^{*}

柳 支 英

摘要 本文系一文献综述,重点介绍近来防制医学昆虫研究方面的重大发展,对今后防制研究的方向方法,具有一定的战略战术意义。

首先介绍了新的生物学防制理论和方法。应用射线不育性方法消灭食食美蝇已在中、北美取得成功,而且创造了区域性灭种的范例。它进一步孕育了昆虫自灭(绝嗣)方法的理论。化学不育性方法正在研究探索中,实验室试验已初步证明某些药物可使蚊蝇不育,乃一新生萌芽。遗传不育性方法尚在假设阶段,能否成功,还待试验证明。

其次在化学防制方面,现已出现几种新的途径。滞留熏蒸杀虫剂可在有人而通风的房舍中使用,其蒸气能熏杀昆虫,但对人比较安全,现已接近应用阶段。家畜动物通过内服药物等途径以毒杀其体内的寄生或吸血昆虫已有了开端。与上述两法有关的有机磷杀虫剂,其慢性中毒问题。尚须进一步研究。杀虫树脂是一新的剂型,其杀虫毒效远比一般滞留喷洒为持久,且可在擦洗频繁的场合使用,现已推广应用。在诱虫剂方面亦有一定的进展。看来诱虫剂加杀虫剂和化学不育剂可能成为未来防制害虫的有效方式。

一、引 言

医学昆虫防制研究的新发展,其范围较广,可从不同角度,加以论述。本文目的试图从防制害虫的原理出发,重点地介绍若干崭新的方向和方法,其中有理论也有实际,对防制医学昆虫及今后研究,具有一定的战略战术意义。

近十年来,对于医学昆虫的防制研究,无论从生物学和化学防制方面,或是从理论和应用方面,其发展是迅速的,而且取得的成就也是巨大的。

应用射线处理某些害虫,使其不育,经过现场持续超量散放,使与自然种羣相竞争,使不育害虫的比例逐渐增长,终于消灭某些区域内的虫种,已经获得了成功。这就创造了射线不育性的生物学灭虫新途径,而且进一步孕育了昆虫自灭方法的理论,开辟了灭虫的新领域。

自从二十世纪四十年代中 DDT、666 等药物问世以来,化学药物已成为防制人畜害虫、预防虫媒病的重要武器。因此五十年代以来,化学防制的发展,特别是有机磷杀虫剂的发展,显得格外突出。科学家们摸索新型的滞留熏蒸杀虫剂,探求毒效持久的杀虫树脂,又试图通过内服药物杀灭人畜动物的寄生昆虫,经历并克服了层层困难,终于取得了胜利。在诱虫剂方面亦有一定的进展。这些都给我们指出了新的灭虫途径。

余如昆虫抗药性的研究正在迅速发展,生态学防制方法(改造环境)和滞留喷洒方法也都分别取得了区域性灭种的胜利,但均未包括在本文之内,顺此声明。

本文乃是一篇有关医学昆虫防制研究中若干重要新发展的综述报导。材料来源基本上限于 1950—60 年间,或延及 1961 年上半年。由于文献浩瀚,日新月异,而个人水平有限,因此遗漏固不必说,错误亦恐难免,尚希同志们批评指正。

^{*} 本文是作者于 1961 年 10 月 27 日在中国昆虫学会和北京昆虫学会联合组织的学术讨论会上的发言。

二、生物学防制方面

(一) 射线不育性

远在二十年代前后, 遗传学家早已发现爱克司射线可使香烟甲虫 (*Lasioderma serricorne*) 和果蝇 (*Drosophila melanogaster*) 不育, 但射线在灭虫上的应用, 迟迟未引起人们的注意^[21]。

聶泊林(Knipling)于1955年首創和闡述了一种新的灭虫理論, 它认为通过射线处理, 导致昆虫不育性, 然后經由区域性持續超量(超过自然界种羣的数量)散放, 与自然种羣相竞争, 从而引起逐代增长的不育性, 終致在一个多少隔絕的地区內, 全部不育而消灭虫种。早在1938年, 它就认为这一方法可能适用于貪食美蝇 (*Callitroga hominivorax*)——美洲的重要畜牧害虫; 直至晚近, 条件趋于成熟, 这一理論才經受了几次考驗。实质上这是一个简单的数学問題。如开始散放不育性雄虫的数量超过自然种羣內的雄虫5—10倍, 則次一代的自然种羣数量必将大減。持續散放同一数量的雄虫, 势将迫使不育性雄虫对能育性雄虫的比例越增越大, 因此在短短几代之內, 便能达到一个灭絕的点^[55, 23]。表1即可用以說明其理論效果。

表1 人工持續超量散放不育性貪食美蝇雄虫的理論效果^[23]

假定地区內处女雌虫的种羣数量	每代散放不育性雄虫的数量	对每一处女雌虫不育性雄虫与能育性雄虫之比	雌虫与不育性雄虫的交配 (%)	下一代能育性雌虫的理論数量
1,000,000	2,000,000	2:1	66.7	333,333
333,333	2,000,000	6:1	85.7	47,619
47,619	2,000,000	42:1	97.7	1,107
1,107	2,000,000	1807:1	99.95	< 1

为了验证这一理論, 昆虫学家們进行了一系列的实验室和大小規模的現場試驗。它們首先在实验室內确定了 Co^{60} 丙种射线照射貪食美蝇的最适时期(蛹期最后二、三天)和剂量^[24, 25]。按这时体細胞几完全发育, 受害很小, 而生殖細胞开始迅速分裂, 极为易感。这样就使羽化的成虫获得最大的不育效果和最小的不利影响。应该說明, 不育性雄蝇仍能产生精虫, 进行交尾, 并使卵受精, 但卵不能发育而死^[23, 62]。繼于籠內該蝇的正常种羣中, 加入一定比例的不育性雄蝇, 获致相似比例的不育性卵块。这就在籠內証明了这一方法的效果, 便成为以后田間試驗的基础。

此后, 即在一个北美大陆极近的小島上, 进行散放不育性雄蝇, 初期效果虽然很好, 可是由于大陆上該蝇可以不断侵入, 終以失敗而結束。繼又选定在中美安的利斯羣島內的庫拉薩俄島(Curaçao)上进行試驗, 該島面积170方哩, 比較隔絕。当时自然界雄蝇的发生率估計为100—200头/方哩/周, 而不育性雄蝇的空投散放率約为400头/方哩/周。散放的结果促使該蝇的产生数量迅速減少, 这就意味着不育性对能育性雄蝇比例的急剧增加, 亦即不育性卵块对能育性卵块比例的迅速增加。終在短短三个月內, 該蝇的种羣大为減少, 以致于五个月內达到了彻底而完全的根除——全島上灭种^[12, 13, 22]。这一試驗的成功体现了上述理論的正确性, 标志着一种新的灭虫方向和方法, 乃最近害虫防制学中的一件大事。(表2)

表 2 散放不育性美蝇对不育卵块百分比的改变(11 个山羊站的合計)^[12]

散 放 日 期	雄虫数/方哩	能 育 卵 块 数	不 育 卵 块 数	不 育 卵 块 %
9—15/VIII	491	15	34	69
16—22	224	17	38	69
23—29	175	17	36	68
30—5/IX	381	10	37	79
6—12	451	7	42	86
13—19	701	3	23	88
20—26	450	0	10	100
27—3/X	607	0	12	100
4—10	484	0	0	—
11—17	727	0	0	—
18—24	577	0	0	—
25—31	400	0	0	—
1—7/XI	400	0	1	100
8—14	485	0	1	100
15—21	393	0	0	—
22—2/I	498	0	0	—
3—6	188	0	0	—

試驗中所用的丙种射綫設備曾由 Darden 等氏^[23]加以描述。这一可以移動的設備符合最大照射間大小的要求和 Co⁶⁰ 量的合理費用,同时也符合放射工作的安全标准。

散放不育性雄蝇消灭該蝇成功的迅速是与多年来研究該蝇的生物学、生态学、种羣密度和宿主关系等方面所取得的資料分不开的。这些有关的重要观察已有簡要的总结^[61]。

繼中美庫拉薩俄島試驗成功之后,美国东南部便进行了大量的准备工作和現場試驗,首先解决了大量养殖該蝇的技术問題^[41]。并于該蝇蛹期最后两天,用 Co⁶⁰ 丙种射綫 6200—8300 倫处理。自 1958 年 2 月由飞机大量散放(500 头雄蝇/方哩/周),起初在佛罗里达州进行,后来扩至部分的亚拉巴馬州及佐治亚州。合計在八万五千方哩的面积上,前后共放 27500 亿头不育性美蝇;从 1959 年 6 月,这一广大地区,相当长期內迄未采得該蝇^[13,5]。因此从同年 11 月起已停止施放,并有理由相信已完全消灭^[57]。惟最近报导佛罗里达州西北部发现一幼羊上有該蝇的蝇蛆寄生,因此又恢复了散放工作^[8]。

根据理論和資料,这一灭虫方法仅适用于具有下列条件的害虫:(1)須有一种經濟的大量养殖害虫的方法,这就为大量散放提供了条件。(2)放射綫处理只能产生不育性,但无其他重大不利影响。(3)处理过的昆虫仍可散布如常,并能与自然界中的雄虫相竞争。(4)雌虫习性最好一生交尾一次即足,否則不育性雄虫的精虫須能与正常者相竞争。(5)自然界害虫的密度必須較低,或用其他方法使其降至低水平。(6)散放区域是一隔絕地区,可以防止害虫从其他地方重新侵入。因此本法自有其局限性,不是对任何害虫都可行之有效^[12,55,56,57,58]。

由于根除貪食美蝇成功的鼓舞,实验室內其他害虫的照射研究正方兴未艾,現已扩及舌蝇 (*Glossina*)^[82], 四斑按蚊 (*Anopheles quadrimaculatus*)^[32], 体虱 (*Pediculus humanus corporis*), 家蝇 (*Musca domestica*), 美国蜚蠊 (*Periplaneta americana*), 德国蜚蠊 (*Blattella germanica*) 和臭虫 (*Cimex lectularius*)^[27]。按舌蝇在自然界里密度不高,应用本法消灭的

可能性較大。其他六种昆虫由于分布过广,密度很高、或侵入极易,看来缺乏使用本法条件。尽管四斑按蚊在实验室籠内試驗已获成效,但在五方哩的小島上試放一年,仍未見自然种羣的減低^[62],足以說明害虫本身的具体条件是很重要的。

科学家們认为放射綫用于害虫防制有三种可能途径:(1)丙种射綫或其他射綫經過适量的照射可以直接杀虫,如射綫处理粮食消灭害虫即其一例。(2)較低的射綫剂量可以通过生殖細胞的改变,导致害虫不育性,用以間接灭虫,实际上是一种生物学防制法。(3)应用更低的剂量,可使产生劣質突变而致其后代不适于其环境^[24]。此外,如果具备条件的話,散放不育性雄虫原理也有可能应用于有害高等动物的消灭^[56]。

(二) 昆虫自灭(絕嗣)理論及其方法

繼大量散放不育性雄虫方法的成功,聶泊林于 1960 年提出了利用昆虫使其自趋灭亡(絕嗣)的新理論^[58],包括下列几个途径:(1)射綫不育性,(2)化学不育性,(3)遺传不育性,(4)病菌防制法。易言之,它們都属于生物学灭虫范畴中的方法。茲将其要点結合最近发展介紹如下。

散放射綫处理过的不育性昆虫,即射綫不育性方法,前已詳細介紹,茲不贅述,惟須补充几点。(1)乙种射綫和紫外綫的透入能力較差,实际上不适用于本工作,而丙种射綫和 X 射綫則具有深透能力,因此适用于昆虫体表进行射綫处理。(2)一般地說,蛹期和成虫期是射綫处理的适期,雄蝇在蛹期終了前,精子已經开始发育成熟,这时最易受到射綫处理的影响,特别是在染色质聚結成为染色体的时候。但是雌虫卵巢内卵的发育較迟于雄蛹,往往到成虫期卵方成熟,成虫时期加以照射,可使雌蝇不能产卵。(3)在射綫处理蝇蛹时,雌雄并不分开,否則工作量将大为增加。根据所用射綫的剂量,雌蛹亦有一定的影响,实际散放时雌雄均有,但仅計算雄蝇而已^[23]。

(三) 化学不育性

发展和采用化学的方法,在昆虫的自然种羣中引起不育性,即化学不育性。聶泊林強調必須更好研究产生不育性而仍保持強壯的雄虫的化学方法。实际上已有一些化学方法可以产生不育性雌虫。

化学不育剂(chemosterilant)根据其作用,現已有下列三类:(1)影响生殖細胞的成熟分裂或細胞分裂,例如一般的細胞分裂毒剂已有秋水仙素、氨基蝶呤(Aminopterin)、氮芥等。家蝇試驗証明这些葯物具有抑制卵巢发育的效果^[76]。(2)影响生殖細胞生长成熟中的代謝过程,例如 Amethopterin (N-[p {2,4-diamino-6-pteridylmethyl methylamine} benzol] glutamic acid) 可能是影响卵黄体形成的化合物。雌性家蝇摄食含該葯 0.5% 的食物 1、5 或 30 天,从不产卵。該葯对雄蝇并无影响^[60]。(3)影响受精过程,例如两种含氟的氯化烴化合物,di-(p-chlorophenyl)-trifluoromethyl carbinol 和 di(p-chlorophenyl)-pentafluoroethyl carbinol 較为突出。雌性家蝇暴露于处理过的平皿上或滤紙上几乎全不产卵。經解剖雌蝇,証明卵巢发育正常,受精囊内精虫富于活动,但不能与卵接合^[41]。

化学不育剂的探索研究正在进行中,不久前发现香豆素(Coumarin),苯硫脲(1-phengl-2-thiourea),硫脲和氧化胡椒素丁醚(Piperonyl butoxide)也能完全抑制家蝇卵巢的发育^[75]。最近报导另有三(1-乙烯亚氨基)氧化磷 [tris(1-aziridinyl)phosphine oxide], N,N' 乙烯双[p,p-双(1-乙烯亚氨基)-N-甲基亚磷酸胺 N,N'-ethylenebis[p,p-bis(1-aziridinyl)-

N-methylphosphinic amide] 和 hexakis (1-aziridinyl)-phosphonitrilate 等三种葯物，在 1—0.5% 的浓度下，結合食物，飼喂家蝇蚊虫等等，可使两性不育。如处理雌虫与正常雄虫交配，仅产几个卵而不能孵化。如处理雄虫与正常雌虫交配，虽然产卵几乎正常，但卵都不能孵化。为了使其不育，家蝇須于羽化三日內摄食該葯。小籠試驗証明处理雄虫可与正常雄虫相竞争。室內試驗家蝇給以自由选择有葯食物和无葯食物时，仅产生 13—121 蛹，而对照室內却产生 40088 蛹，表明这一方法具有希望¹⁾。更重要的发现是在点滴处理或接触殘葯处理中亦可致家蝇及厩蝇(*Stomoxys calcitrans*)不育。这些初步結果說明化学不育性是一条可能的灭虫新途径^[62]。

这里我們不妨具体地研討一下两类灭虫方法对昆虫自然种羣的影响，可以表 3 比較。

表 3 三种不同情况下，昆虫种羣的理論趋向(假定子代的增加率 5 倍于其亲代)^[58]

代 别	不加任何处理	一般杀虫处理 (假定杀死 90% 种羣)	不育性方法处理 (假定遍及 90% 种羣)
亲 代	1,000,000	1,000,000	1,000,000
子 ₁ 代	5,000,000	500,000	50,000
子 ₂ 代	25,000,000	250,000	2,500
子 ₃ 代	125,000,000	125,000	125

由此可見，不育性方法的潛在价值远較一般杀虫处理为优，而且在隔絕环境中可能导致灭种。科学家們已經初步为高等动物找出一些不育性化学葯物，相信昆虫中亦有此可能。

有人认为化学不育剂的效果可能較慢，其价值恐在于区域性防止昆虫种羣的上升，从而遏制了迁徙。看来杀虫剂可与化学不育剂結合使用，前者可用以迅速压低种羣，后者可用以延迟种羣上升。对家蝇來說，不育剂可使用于被忽視的孳生場所的附近，而杀虫剂可在畜舍、家庭或其他需要立即杀虫的場所使用。

两剂的混合使用可能用以解决抗葯性昆虫問題，这样杀虫剂可以用来毒杀易感性的种羣或个体，而不育剂則可使那些具有生理抗性或特大活力，或行为抗性的剩余种羣和个体变成不育性昆虫，从而中断自然界中抗葯性昆虫的自然选择及其形成发展。

使用化学不育剂灭蚊目前还很难說，虽然實驗室試驗至少已証明对一种蚊虫有此可能。室內使用不育剂取代滯留噴洒，看来有問題，因入屋蚊虫雌多雄少，而且雌蚊可能已經交配。但在发生抗葯性蚊虫时，亦可考虑混用；单用不育剂或与杀虫剂結合处理孳生場所的植被，对減少种羣可能証明有效。当然事先对蚊种的习性必須深入了解。

上述化学不育剂都是碱化剂，在商业上常用以处理棉花纖維，也用于肿瘤的實驗治疗，它們对温血动物是有危害可能的。因此它們对人、畜、动物的毒性以及对有益昆虫和微生物的影响，均須加以重視和研究^[62]。

(四) 遺传不育性

发展和散放遺传上具有某些劣質或致死特点的虫株，即遺传不育性。它建議通过人工选择，养成有缺陷的虫株如：(1)不能滯育的虫株，这就有利于人工培养，但不利于自然种羣；(2)不能飞翔的虫株；(3)幼期发生某些构造或生态上缺陷的虫株。总之不影响其

1) 最近在北美一个孤立的小島上进行了化学不育剂消灭家蝇的現場試驗，效果甚为优良，密度大降，所余的少量种羣 99% 均呈不育性。

室内的生存养殖,但在自然界会阻止或妨碍其后裔的生存竞争。

昆虫不育性往往可由某些相近虫种、虫宗(races)或虫株通过杂交而产生,¹也有可能用实验室雄虫与野生雌虫杂交而造成不育性^[62]。有人曾将两种舌蝇(*Glossina swynnertoni*和*G. morsitans*)杂交,仅生极少后裔,大多数是不育的^[98]。另一可能途径是选择养殖一些具有多雄的虫株,例如埃及伊蚊某些株间杂交产生雄虫%特多^[28]。如将子₁代再加以射线或化学不育性方法处理,持续大量散放,一面遗传上产雄特多,另一面雄虫又都不育,理论上可使自然种羣大减,甚至取得区域性灭种亦有可能。

(五) 病菌防制法

大量散放感染和散播病菌的昆虫,实质上即微生物防制法。聶泊林希望成虫的体内能带某些病原体但对成虫无害,可是对该虫的幼期则具高度毒力,且幼期感染所需的病原体数很少。成虫在交配、产卵以及孳生等场所易有传播病原体的机会。散放的带菌昆虫通过交配,可将病菌传播开来,这样便有可能将病菌不断扩大范围传给后裔。在此情况下,一生交配多次的习性将有利于散播病菌。因此一个染菌的雄虫可以传给几个雌虫而危及其后裔,如持续超量散放,其灭虫效果可能比射线不育性方法更大。

聶泊林强调为了发展和实现上述概念,有必要深入研究昆虫的营养,养殖方法,散布能力,交配习性,种羣动力学以及影响生殖发育的因素。

从射线不育性,经过实践成功而发展为昆虫自灭方法的理论,这一过程是易于理解的,他这一理论的基本内容就是射线、化学、遗传三种不育性和病菌灭虫。其中有些途径已证明有效,如射线不育性可适用于某些昆虫。他如病菌制虫,晚近已在农林害虫中取得一些成功^[99],当然远未达到区域性灭虫的程度。另两种途径包括化学不育性和遗传不育性,当然是可能的,特别是化学不育性已出现一些萌芽。总的来说,我认为这一理论是值得我们重视的,给我们开拓了思想领域。但有两点意见:不论射线不育性或化学不育性他都一贯强调不育性雄虫,这一看法显然不够全面,实验已经证明射线能致雌蚊产生不育性^[32],而他周围的同事在贪食美蝇工作中也有同样的证明,实际上他自己引证的几个实验室化学不育性的例子中,就有抑制家蝇卵巢发育的药物。我认为重视雌虫不育性是有好处的,因为这将增加灭虫的机率,提高灭虫的效率,从而缩短灭虫的过程,他不能也不该把雄虫不育性加以绝对化;其次,关于使用低劣的遗传宗株,其中某些劣质因素如不能飞翔或幼期口器变型必须发生于散放杂交后的子代,否则本身即对散放分布不利或对人饲养不利。这在养殖家蝇的工作中,已有若干经验,某些致死的纯系,其蛹的头端尖长而具小孔,既不利于羽化,又易被虫菌所侵害,因此蛹的羽化率颇低,其中最细长者的羽化率仅为1.8%,给大量养殖带来极大困难^[9]。

三、化学防制方面

(一) 滞留熏蒸杀虫剂——DDVP

如众所知,熏蒸杀虫剂一般对人剧毒,须在密闭空间内进行杀虫,而且缺乏滞留毒效。滞留熏蒸杀虫剂乃是一种新型的药剂,其蒸气浓度能杀虫而对人无害或无刺激性质,它具有滞留杀虫作用,但无危害性残余物存留,这是一种新的杀虫方向和方法。

若干年来,人们认为 $\gamma 666$ 的滞留喷洒,具有熏杀蚊虫的作用(按最近 Gerolt 氏^[39]根

据物理計算和生物測定的結果，认为 $\gamma 666$ 的蒸气不足以杀虫，所謂“熏杀作用”实际上乃由于蒸气凝結于虫籠上和虫体上所致）；但因許多有机物如塑料、橡胶等对它具有高度的亲和性，所以飞机上使用时存留一薄层殘药于物体表面上，成为一大缺点。因此目前飞机检疫中的杀虫措施都乞助于除虫菊 DDT 气雾处理。可是旅客常有埋怨情緒，效果亦存在問題（規定剂量 5 克/1000 立方呎杀死客艙家蝇不佳，行李艙內須增至 600 克/1000 立方呎），这就促进科学家們探求新型的杀虫药物^[78]。

二甲基二氯乙烯基磷酸酯 (0,0,dimethyl-2,2-dichlorovinyl phosphate) 简称 DDVP，为 Barthel 等^[11]和 Mattson 等^[72]所同时发现，后者証明它对家蝇的毒性与著名的二乙基硝苯基硫磷酸酯（即 E605）相等，但对大白鼠的毒性仅为 E605 的 1/6。它也是另一有机磷杀虫剂敌百虫（二甲基羥基三氯甲基磷酸酯）在稍为碱性条件下迅速分解的产物^[74]，因此被認為是敌百虫灭蝇的根源。

DDVP 是灭蝇的高效胃毒剂，并可用以毒杀若干抗药性家蝇，早已膾炙人口，这里无须多說。但它具有滞留熏蒸毒效，实是最近的发现。先是 Mathias 等^[70]由于某試驗中对照蚊虫发生意外死亡事件，发觉系由一袋未拆开的家蝇毒餌（内含 DDVP 和 Malathion）的蒸气所引起。从此它們分別在开窗或閉窗的房舍內，放置上述混合毒餌或 DDVP 单种毒餌，进行毒杀籠蚊（埃及伊蚊、四斑按蚊），籠蝇（家蝇）以及室內自由飞翔蚊虫的粗放观察，結果証明 DDVP 蒸气对蚊虫具有高度毒效，并且还有相当好的持久作用。这个发现虽是偶然，但不失为一个重要开端。另外，有人曾在密閉室內噴洒 50% DDVP 溶液，剂量为 1.5 毫升/千立方呎，实际上一小时的暴露，即对蚤、蝇、虱、蜱有效。另用該液浸泡棉花，放在室內，虽不能阻止蝇类侵入，但可迅速毒杀入侵的家蝇达三日之久^[65]。他們这些观察引起了以后一系列比較系統而深入的研究。

与上相似，另一有机磷杀虫剂——Dow ET-57，也被証明具有蒸气杀虫作用。試驗于玻璃絲空气过滤器內盛药 25 克，装在飞机加油艙內的电扇附近，开动电扇二小时，測定空气內該药蒸气的含量，15℃ 时为 0.03 微克/升，24℃ 时升至 0.09 微克，45℃ 时增至 1.5 微克，其杀虫毒效亦随着温度递增而升高。在 25—27℃ 中，所有自由飞翔和籠装的家蝇与埃及伊蚊均全部死亡；在 24—33℃ 及 33—46℃ 中籠装的美洲蜚蠊亦全部死亡^[50]。

繼此，人們曾在一個六呎見方的小間內，于牆紙上噴洒 DDVP，剂量为 1.95 克/平方米，經過 3 和 48 小时，小間內的 DDVP 蒸气浓度分別为 6 和 0.6 微克/升，它們于不同時間內，放入家蝇籠，暴露 30 分钟，結果表明在 0.05 微克以下时，家蝇很少死亡；0.1 微克时死亡率低，仅在 0.15 微克以上时死亡方达 95—100%，而在 0.7 和 0.26 微克时，即使分別暴露 5 及 15 分钟，均致 95—100% 死亡^[67]。另用四斑按蚊和埃及伊蚊进行試驗，証明雌蚊均較家蝇更为易感。又于仿效机艙的試驗中，进一步証明，在 0.08—0.14 微克 DDVP/升空气时暴露 30 分钟，易感性的四斑按蚊与 DDT 抗性的埃及伊蚊均全部死亡^[66]。

为了便于室內应用，Miles 等氏制成一种持續释放蒸气的筒状装置，直径 1½ 吋，高 5 吋，內盛 DDVP 40 克，惰性物 120 克，并由 Mathias, Miles 及 Schoof^[74]在十余座胶合板制的实验小屋內（容积 30 立方米，有一門二窗）进行了不同筒数和三种通风状况下的滞留毒效試驗，受試昆虫是能抗狄氏剂的四斑按蚊，均于夜間暴露 12 小时，結果參閱表 4。

該試驗結果說明通风对滞留熏蒸剂的杀蚊毒效具有明显的影响。药筒数目增加，促

表 4 实验小屋内 DDVP 蒸气熏杀四斑按蚊雌蚊的持久效果试验(24 小时饲养后的死亡率)^[74]

通 风 悬 置 药		各 周 雌 蚊 平 均 死 亡 率																
情 况	筒 数	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
开 門	1	100	100	100	94	100	100	100	99	86	77	3	—	—	—	—	—	
开 門	2	—	—	—	—	100	—	100	—	100	—	100	—	87	21	—	—	
开 門	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	36	74	
門 帘 均 开	2	100	98	100	96	100	99	94	31	—	—	—	—	—	—	—	—	
門 帘 均 开	4	—	—	—	—	100	—	100	—	90	88	45	—	—	—	—	—	
門 帘 均 开	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	84	6	—	—	
門 帘 窗 均 开	3	100	98	100	68	37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
門 帘 窗 均 开	6	—	—	—	—	100	99	100	54	91	56	33	—	—	—	—	—	
門 帘 窗 均 开	9	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—	58	—	—	—	—	—	
对照門帘均开	0	1	1	0	2	0	5	3	1	2	2	1	6	5	3	3	9	

使毒效延长。小屋内不同地位的籠蚊死亡率差异不大,表示蒸气分布尚属均匀。总之,这一具体方法可用于 21.1—26.1℃ 和 50—90% 的温湿度内;在上述通风条件下,可保持有效的蒸气浓度相当持久,短者 5—9 周,长者可达 13—16 周。蒸气取样测定的结果表明凡 DDVP 蒸气浓度在 0.008—0.045 微克/升空气范围内經 12 小时暴露,有百分之八十的試驗其籠蚊死亡率均高达 100%。

最近室内突击灭虫的新装置是将 20% DDVP 二甲苯溶液封藏在安瓿内,周围垫以厚层的紗布。使用时关闭門窗,击碎安瓿,剂量为 20 克 DDVP/30 立方米,經半小时或更久即可杀灭家蝇和德国蜚蠊,颇为簡捷^[7]。

为了更好筛选熏杀药物,現已設計成功一种全玻璃的試驗装置,可以避免过去蒸气被凡士林和橡皮所吸收的缺点^[78]。

关于飞机檢疫試用 DDVP 蒸气杀虫方面,現已逐漸成熟。已由工程师們設計出适于飞机产生和散播 DDVP 蒸气用的半自动的管道装置,主要由空气压缩器迫使空气通过备有一系列 DDVP 浸泡过的膜带的药筒,經由輸送管道,于舱内散放定量的蒸气。輸送蒸气的浓度决定于通过膜带药筒的空气流量及其温度^[51]。繼在 DC-6 和 DC-7 的航机中,使用这一装置,并于飞行期間进行現場試驗,結果証明蒸气浓度在 0.20—0.24 微克/升时,悬挂于 12 个不同地位的家蝇籠,經 30 分钟暴露,完全死亡,在 24 个試驗中均有三人暴露其中,对它們的胆碱酯酶水平,未見有何影响^[92]。

DDVP 蒸气对高等动物的毒性乃一重要的安全問題,人們曾分別对小白鼠^[97]及猫狗^[65]进行过粗放的观察。以后精密的試驗,証明 0.25 微克 DDVP/升对人安全,一天八小时暴露于高至 0.5 微克的浓度中,仍无临床症状^[45]。进一步的猴子和人体試驗,其浓度和時間远較机舱内使用者为高而久,高至 0.7 微克,长至四次各 1—2 小时的暴露,但均无影响;仅增至 0.9—3.5 微克时,对人与猴的血浆胆碱酯酶稍見微降;如增高至 7.5—17.9 微克时,猴子的血浆胆碱酯酶和紅血球均呈明显下降,瞳孔縮小,但仍无其他中毒症状^[103]。1960 年美国工业卫生专家會議規定八小时工作車間的安全閥为 1 微克 DDVP/升空气。总之,目前認為杀虫的有效浓度和時間为 0.15—0.25 微克 DDVP/升空气/30 分钟,沒有問題,限制閥为 1 微克 DDVP/升/1 日 8 小时暴露。DDVP 对飞机材料无不利影响,无

討厌气味或刺激性質，亦无殘余物存留；但对于可能常有接触的人員尚須进行长时期的慢性中毒試驗，解决这一問題之后，即可推广应用^[78]。而且看来在关闭的或半閉的空間內，如食堂、航輪、餐車、戏院等場所的非服务時間內，及畜舍、仓房、堆栈均有使用的可能。

自从使用 DDT、666 滞留噴洒杀虫以来，不少地方由于产生抗药性昆虫，或墙面性質与剂型不合，或殘余藥物被冲洗清除，或被粉尘复盖，往往杀虫发生困难和失敗；但是这一新的藥物，如被証明完全成功，便可避免以上几个缺点。它具有使用經濟、方法簡便、毒效持久等等优点，开辟了室內灭虫或消灭动物体外寄生昆虫的新的途径。

(二) 杀虫树脂

早从 DDT 出現以后，人們就試圖把它加入油漆，以达长期杀虫的目的，但因深埋漆面之下，終归失敗。迨后发现在过饱和的情况下，油漆中的 DDT 能在表面形成微小晶体，足以杀虫，如被拭除，DDT 又上移表面而再生結晶，称作“开花”現象。Block 对此进行了研究，确定了 DDT 的浓度，并找到油漆工业中广用的脲醛树脂(urea-formaldehyde)为富有希望的混用物質^[15,16]。Bracey^[17]也在这方面进行过深入的研究，摸出了規律和配方。它把足量的 DDT 或狄氏剂渗入一种脲醛树脂与油改性醇酸树脂的混合物中，杀虫剂即在树脂固体中成为饱和或过饱和的固溶体。这样制成的杀虫树脂，如涂于某些表面上，就迅速干燥，成为一层坚韧透明的漆膜。干后便有小部分的杀虫剂自发地或經机械刺激（虫爬、抹拭）上升膜表面“开花”。拭除后又再生“开花”，可持續杀虫甚久。

杀虫树脂具有下列几个优点。(1)长久的滞留性能。上述的再生“开花”作用大大延长了杀虫剂的有效期限，實驗室試驗証明杀虫树脂經過 2、3、4 年或更久時間的陈旧膜与同一物質的新鮮膜同样有效^[17,83]。(表 5)

表 5 玻璃板上狄氏剂杀虫树脂新旧膜的毒效比較
(受試虫紅粉蟬 *Tribolium castaneum* 成虫年齡 2—5 周，暴露時間 5 小时)^[83]

处	理	重 复 次 数	受 試 虫 总 数	20 小时后死亡率
6¼ 年久的树脂(未加刺激)		3	90	84%
6¼ 年久的树脂(2 年前試过本虫)		3	90	60%
最近制成的树脂		3	90	47%
对	照	3	90	4%

杀虫树脂的长久毒效已在若干海輪上获得驗證。一艘出入热带亚热带海口的航輪上，蜚蠊十分猖獗，經一次处理，观察五年，未再发现該虫。另一次 Clan 航綫和 Nourse 航綫的全部海輪为了防制蜚蠊、臭虫和蚂蚁，曾加以处理，平均 2½ 年內均无虫侵袭^[83]。

(2) 增強的杀虫毒效。使用合理配方以后，“开花”晶体的毒效大为加強，将 DDT 杀虫树脂和 DDT 煤油剂比較，剂量同为 9—10 毫克/方呎，結果表明前者远比后者为毒，其原因在于前者的晶体細小，长 5—10 微米，而后者可达 2000—4000 微米。在航輪防制德国蜚蠊試驗中已全被証实。Gould^[40]謂細小結晶易被虫体足肢所沾上，因此毒效較优。

(3) 能耐擦洗，亦可用于光滑表面。杀虫树脂乃硬而可塑的霜样膜物，經過冲洗摩擦或其他清洁工作消除以后，又“开花”再生。后一性能对医院、旅館、食堂、住屋、食品工厂、交通工具，实为一般噴洒或粉剂所望尘莫及。此外，瓷砖、金属板、动物籠上也都可使用，近在英国不少动物房中已广泛使用，从此蜚蠊、蚂蚁已不复为患^[86]，不少場所且能做到无

虫,而对动物亦未見損害。

(4) 有利于安全。杀虫树脂实质上就是杀虫剂的貯藏所,其固体膜下积存大量杀虫剂。在一定時間內,仅极小部分杀虫剂暴露于膜上。因此有些毒性較大的杀虫剂也可通过这一方式比較安全地使用。含有 endrin 等高毒葯剂的实验杀虫树脂已在仓库內防制害虫获得初步成功。

应该进一步指出,杀虫树脂的增强毒效和滞留性能决定于两个因子。(1)首先是脂膜硬度的影响。純粹的脲醛树脂負荷着杀虫剂只能形成硬脆的脂膜而乏杀虫的效果,因葯剂全藏于膜下。但如加入油改性醇酸树脂(按醇酸树脂是由多元酸和多元醇縮合而成的产物,其耐水性及溶解性都不好,与涂料中許多成分不相互溶,所以常在其中加入脂肪酸,如蓖麻油,油酸等,以改进其性能,使所得产品能溶于有机溶剂,并与脲醛树脂等結膜物合用,易在常温中干燥結膜)作为一种可塑物或軟化剂,則形成的脂膜較軟,而且杀虫剂可上升膜表。增加这一树脂的百分比可以加强杀虫剂上升的速度,直至多余时,“开花”便自发地进行,更多时則“开花”重量亦随之增加,从而縮短了杀虫剂的有效期限。因此須爭取到这么一个平衡,即不到自发“开花”程度,但高于通过机械刺激而方“开花”的关键点。这对 DDT 或狄氏剂來說,油改性醇酸树脂与脲醛树脂应成 50 和 50 之比,最为滿意。对于揮发性杀虫剂如 666 或艾氏剂,則需一稍硬的脂膜,上一比例应改为 40 比 60,借以防止由于迅速揮发所引起的消失。因此一种有效的杀虫树脂,应该硬至足以阻止杀虫剂的过快消耗,但軟到可以容許杀虫剂的长久“开花”^[17,10]。(2)其次是杀虫剂浓度的影响。杀虫剂浓度对“开花”的数量,持久期限及其杀虫毒效均有决定性的意义。每种杀虫剂各有一个临界的最适浓度,DDT 是 20% (干燥膜內树脂固体重量計算),狄氏剂則为 1%。高过最适浓度就会自发“开花”,增加“开花”的数量,从而影响結晶的大小和形状。它促使晶体变大而成密丛,形成席状,一方面縮短了杀虫剂的寿命,另一方面降低了杀虫毒效。仅在最适浓度下,晶体小而稍疏,于膜表上形成垂直的松針状小“森林”,虫行其上,針即折断,易沾于足肢体躯上,其毒效最佳^[17,83]。

Brace^[17]早曾提出一个配方:“BE610”脲醛树脂 50 份,“BA502”蓖麻油改性醇酸树脂 50 份,丁醇 27.5 份,二甲苯 22.5 份,杀虫剂若干份,他列出的是 12 份(666,DDT,艾氏剂,或狄氏剂)。按此配方內包括必要的溶媒,成为含有干燥物 40% 的清澄而流动的油漆。使用后,其干燥和硬化系賴温度或加速剂或二者兼用而达到的。主要的加速剂是 10% 硫酸的丁醇,用前于 20 份的油漆中加入 1 份即可。但实际应用还嫌麻煩,現已改用树脂本身內早加干燥剂^[83]更为簡捷。当然这已是一个过时的配方,仅供参考而已。

目前英国在杀虫树脂中常加 DDT、林丹、狄氏剂、艾氏剂或 endrin,用以防制卫生上、家庭中和工业上的害虫,且可装在噴雾彈內使用,更为方便。对于一般抗葯性昆虫可以根据具体情况在树脂內加入象 Diazinon 等的有机磷葯物,相当有效(Malathion 不佳)。由于該葯是液体,因此配方須稍加更改,略增脲醛树脂,借以补偿液体杀虫剂的可塑效应。已經証明,Diazinon 杀虫树脂在 20 个月后,其杀虫毒效与新鮮配制者无明显差别。

此外,有人介紹一种新的經驗將 γ 666 融化于 Cereclor 的商品树脂中而任其冷却,形成固溶体,經過研磨,易于制成一种水易分散的粉状成品,从而增进 666 在吸附和半吸附的牆面上(如石膏、胶合板、纖維板等)的效果。繼此,他們报导在坦噶尼喀的茅舍內試驗

灭蚊(岡比亚按蚊 *Anopheles gambiae*)抗疟,即使将该成品喷洒于吸附性能较差的茅草和龙舌兰等农村建筑材料上,仍然较对照 $\gamma 666$ 为活跃有效。已经证明,这一新配方可含 γ 体 50% 或 25%,应用剂量均为 50 毫克/方米,至少已持续半年有效^[49]。

总之,杀虫树脂经过一系列的研究,中间克服了种种困难,已从设想变为现实,且已完全发展至推广应用阶段,而又可与许多种杀虫剂混合使用,还能应用于一般滞留喷洒无能为力的场所,终于创造了一种前所未有的滞留剂型和持久记录,应该说是一大成就。

(三) 内服药物与人畜动物的寄生和吸血昆虫

内服药防制动物体内外寄生昆虫的概念已有四十年的历史,但许多尝试都以失败结束。只有到了 DDT 合成药物时代,特别是对昆虫有高效对动物较安全的有机磷出现以后,便有了真正的开端和初步的成功。

DDT 问世以后,即有人将除虫菊和 DDT 喂兔,发现对吸血的臭虫和蚊虫具有毒效^[63]。后又试得若干茛丹化合物对体虱, $\gamma 666$ 对蚊虫具有作用。 $\gamma 666$ 对吸血的臭虫、埃及伊蚊与蜱有若干作用^[33]。这些结果都暗示内服药防制动物体外吸血昆虫这一途径的可能性。

此后虽然继续有人报告牛服 666、狄氏剂、艾氏剂或七氯可毒杀斑虻(*Chrysops*),伊蚊以及牛皮蝇,但不能令人满意,因为这些氯化碳氢类药物可以大量贮存于牛体脂肪中。

不久人们把注意力转向其他新药,尤其是对有机磷进行了不少筛选试验。其中较早者用家兔口服方法,发现有三种二甲基硫代磷酸都能使吸血的臭虫和美洲钝眼蜱(*Amblyomma americana*)全部死亡^[3]。另有一些硫代磷酸,经兔口服,对臭虫的若虫有或暂或久的效果^[38]。

与此同时, Hewitt 等人^[46,47]发表了筛选 150 种药物的结果。他用埃及伊蚊吮吸服药的小白鼠、大白鼠、豚鼠、羊或牛,认为乐果(Rogor 即 Dimethoate) (0,0-二甲基 S-(N-甲基乙酰氨基)硫代磷酸,原名 [0,0-dimethyl S-(methylcarbamoyl methyl) phosphorodithioate] 最有希望。上述动物于口服、肌肉或皮下注射该药 10—20 毫克/公斤体重后,在一小时内,血中含有该药的浓度即足以杀蚊,但口服后 4—24 小时效果迅速降低。Drummond^[36]先后用豚鼠口服或皮下注射方法,绵羊山羊口服方法,观察对美洲钝眼蜱若虫,贪食美蝇幼虫,和厩蝇成虫的毒效,也找出了四种硫代磷酸(Phosphorodithioates 和 Phosphorothioates),其中包括乐果、Dow ET-57 [0,0-二甲基-0-(2,4,5-三氯苯基)硫代磷酸,即纯化的 0,0-dimethyl 0-2,4,5-trichlorophenyl phosphorothioate 又名 Ronnel 或 Trolene] 和 Bayer 21/199 (又名 Co-Ral) [3-氯-4-甲基-7-(二乙氧基硫代磷酰基)香豆素即 0,0-diethyl 0-3-chloro-4-methyl-7-coumarinyl phosphorothioate]¹⁾。它们在较低剂量下(50—100 毫克/公斤体重),对动物无害,但可完全毒杀上述三种吸血昆虫。这些研究和下面即将谈到的若干研究就给 DOW ET-57 作为内服药开辟了道路。

1. DOW ET-57 与牛皮蝇 (*Hypoderma* spp.) 蛆

1956 年就有人报告牛口服本药可杀游行于其体内的、甚至穿破皮肤的牛皮蝇蛆,也证实对牛无害,而 Marquardt 和 Fritts 两人试验的结果更证明其效果的优良^[63]。(表 6)

此后几经研究,确定了 DOW ET-57, Bayer 21/199 和 DOWCO 109 [0-甲基,0-(4-

1) 一作 0,0-diethyl 0-(3-chloro-4-methylumbelliferone) phosphorothioate。

表 6 服药幼牛(每头口服 20 克)与对照幼牛背部皮上牛皮蝇蛆数目的比较^[48]

月 日 期	组 别	观察牛数	蝇蛆总数	每牛平均 蝇 蛆 数	对照/处理 蛆数比率	少于 6 蛆 的 牛 数
2/15	对 照	19	30	1.58	33:1	18
		21	1	0.048		21
2/26	对 照	47	479	10.2	21:1	17
		39	19	0.49		39
3/20	对 照	22	603	27.4	38:1	2
		26	19	0.73		25
4/3	对 照	45	1118	24.9	100:1	1
		44	11	0.25		43
5/2	对 照	46	942	20.5	103:1	6
		44	9	0.2		44
同时期内最高数	对 照	47	1369	29.1	33:1	—
		44	39	0.89		—
同时期内少于 6 蛆的牛数	对 照	47	—	—		1
		44	—	—		43

叔丁基-2-氯苯基) 硫代磷酰甲胺, 即 0-methyl 0-(4-tert.-butyl-2-chlorophenyl) methyl-phosphoramidothioate]在防制牛皮蝇蛆时均较乐果为优^[77,42,85,52,96,88]。进一步的应用研究又确定了牛口服 DOW ET-57 100 毫克/公斤体重或稍低剂量乃是最合适的剂量,而以早秋处理的效果为最佳,毒杀牛背皮该蝇蛆的效果可达 90% 以上^[20,53,85,52,100,101]。口服该药后,牛可发生缓慢,减食;甚至后肢运动失调,压抑胆碱酯酶,但在二日内消失,未见有更重的中毒症状。应该特别指出,Bayer 21/199 和 DOWCO 109 同时也是喷洒牛背体表毒杀该蝇吸血成虫(前者浓度为 0.75%,喷洒量 1/2 加仑/牛;后者浓度为 1%)的高效药物(按这一方法可能更适用于防制家畜体外吸血昆虫和传播疾病的吸血媒介昆虫,如疟疾、丝虫病等等的媒介昆虫)。因此许多年来迄无防制良法的牛皮蝇蛆棘手问题,现已基本解决,目前正在试用推广中。

不仅如此,一些初步报告说 DOW ET-57 可通过口服等方式,以毒杀鸡虱 *Menopon gallinae*^[81], 狗疥虫 *Demodex canis*^[93], 绵羊鼻胃蝇 *Gasterophilus*^[79] 和绿蝇 *Lucilia*^[69]。DOWCO 109 已在南美处理牛群防制 *Dermatobia hominis* 取得成功。一次口服量 20 毫克/公斤体重,或 0.5—0.75% 喷洒,用量 2 升/牛,几可完全防制该虫达八周之久^[73]。

此外,有人用过 DOW ET-57 处理鸡粪防制孳生家蝇,获得 1—2 周的效果^[54,102]。最近报告将它混入饲料中一道喂鸡,任其随粪排出,防止家蝇幼蛆孳生(一龄幼虫),其效果可达 97% 以上。经 29 周试验,对生长、体重、食量、产卵、和慢性中毒均无可以观察得到的不利影响,这便提供了畜粪灭蝇的一种新的途径^[93]。

关于上述几种药物在动物体内的代谢命运研究正在开展中。DOW ET-57 放在试管中用碱或牛的胃液或在鼠、牛、家蝇体内试验,证明在其甲基磷酸(methyl phosphate)和苯基磷酸(phenylphosphate)的键上发生水解。在大白鼠体内硫代磷酸(Phosphorothioate)及

其三种衍生物的排泄代謝物已加以鉴定。代謝物的被解毒及其排泄体外在牛体内較鼠体内为緩慢,但其代謝道路則一样^[80]。乳牛口服乐果及其同位素化合物,经过血液、組織、排泄物和牛乳的分析,表明該药迅速代謝而排泄出来,处理 12 天后,仅在組織內微量存在。在鼠和牛体内,水解开始于 methyl phosphate, Phosphate-S-S-C, 特别是 Carbonyl-nitrogen 的鏈上, Phosphorothioate 也发生氧化, 另有一些水解物在本药中也被认为可以发生^[30]。DOWCO 109 的 0.75% 液剂噴于牛体后, 24 小时后乳内含 0.4 ppm, 48 小时后降至 0.2 ppm, 10 天后为 0, 解剖尸体脂肪 10 天时含 0.5 ppm, 21 天不到 0.1 ppm。在一次口服 25 毫克/公斤体重以后, 須經 32 天, 脂肪中含量方降至 0.1 ppm 以下, 但在瘦肉中該药消除較快^[73]。Bayer 21/199 噴洒鼠体, 观察四周, 多数系由尿粪排出, 尿中含有四个代謝物。观察牛羊自 6 天至 8 周, 无中毒症状或病理变化, 該药吸收很快, 与粪似有机磷杀虫剂经过相同的代謝变化, 惟全部分解較速而已^[59]。但据另一报告則謂皮內积有相当量未变化的該药^[87]。經虫体和鼠体比較試驗, 虽获得相同代謝物, 但鼠体内的代謝物远多于虫体, 說明鼠体分解該药能力又快又多, 这是决定該药选择毒性的一大因素^[99]。

2. DOW ET-57 与杀蚤灭鼠

在杀虫灭鼠的防病工作中, 撒布杀虫粉剂和施放毒餌灭鼠常須分成两个步驟进行, 操作上浪费人力, 实是一大缺点, 如能結合为一步, 而使杀蚤先于灭鼠, 則更为妥善。

有人曾将瓦法林(Warfarin)抗凝灭鼠剂与不同新药, 同时飼喂大白鼠, 并于鼠背固定放置小盒, 內盛新羽化的印鼠客蚤(*Xenopsylla cheopis*), 或将处理鼠和大量該蚤同置于空桶內, 经过三天观察的結果表示这是一个可能的杀蚤灭鼠方法, 而以乐果較好。这一方法也可能适用于防制鼠虱和鼠螨, 不过他的試驗完全是实验性质的^[44]。

Bennington 氏繼对褐家鼠(*Rattus norvegicus*)作了比較实际的試驗。它首先測定了該鼠每天的食量, 接着将不同剂量的 DOW ET-57 加入 Fumarin 的抗凝剂毒餌中, 并在多鼠的仓库內試驗該鼠对药物毒餌的接受程度。虽然一般在无对照食餌时摄食很好, 但如予以选择, 則对照的誘力显較处理稍好。因此氏于毒餌中加入誘餌(糖和液烟調味品)配成一种 10% 糖, 1:49 fumarin 碎玉米, 內含 DOW ET-57 12 克和液烟 20 毫升/磅的毒餌, 对鼠具有吸引力。試驗的結果是鼠食毒餌三天后, 蚤几全死(三个試驗的存活率分别为 0/250, 0/250 和 3/250, 四天后鼠出現中毒症状, 五天后鼠全死亡。不仅如此, 該毒餌有抗虫蛙食的性能(美洲蜉蟻, 东方蜉蟻及紅粉蚋)^[44]。这是动物內服药的又一杀虫方式, 特别是先杀蚤后灭鼠的程序, 完全符合預防腺鼠疫的要求。

3. бутадион 与人的体虱

內服药可以防制家畜或鼠类的吸血或寄生昆虫已如上述, 它是否可能用于人体吸血昆虫, 尚乏报导。直到最近苏联 Моозер 等于 1956 年治疗斑疹伤寒病人时, 首次观察到体虱吮吸了注射过 0.6 克 бутадион(1,2-二苯基-4-正丁基-四氫吡唑-3,5-二酮)制剂的患者的血液, 就会死亡。他們把該药混入人血, 無論喂給体虱吸食或进行虱肛注射, 都有高度杀虱效果, 虽对鈍緣蜱 *Ornithodoros moubata* 也有影响, 可是对臭虫、錐蝨(*Triatoma*, *Rhodnius*)、埃及伊蚊和具帶病蚤(*Nosopsyllus fasciatus*)甚至猪虱(*Haematopinus suis*)、猴虱(*Pediculus longiceps*)却都无效。Осипян 等人的研究又一次証实了以上的結果。人經口服該药 0.5—1 克后, 即具有明显的灭虱(成虫和若虫)效果。在一克剂量下, 于 4—5 天内

体虱死亡率高达 88—100%，迨 12—15 天时，方丧失其效果；在半克剂量下，有效时期显然较短（见表 6）。该药对于灰鼠和黄鼠的蚤、臭虫、蚊虫以至阴虱（*Phthirus pubis*）并无影响。显然它对体虱具有选择性或特异性的杀灭作用，体虱死亡时出现肢体和消化道的麻痹症状^[2]。这一例子清楚地证明了内服药也有杀灭人体吸血昆虫的可能性。（表 7）

表 7 含有 бутадион 的人血对体虱成虫的毒效^[3]

受編 試 人号	剂 量 (克)	对 照	体虱吸对照人及服药人后的死亡率(%)														
			人体服药后不同天数的血液														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	4	100	98	94	96	98		90	90	96	86	50	58		28	4
2	1	4	98	100	98	100	98		96	90	62	54	16	2		0	0
3	1	4	100	92	96	100	100		96	98	80		40	52		0	6
4	1	0	100	100	96		88	88	72	80	34	28		2	2		
5	1	0	90	94	92	100				80	46	34	12	10			
6	1	4	92	98	100				56	10	0						
7	1	6	98	100				92	86	68	60	26	58		6		
8	1	4	96		82												
9	0.5	0	96	100	98	100	80		44	4	12	10					
10	0.5	0	94	76	92	100				12							

总之，内服药仅在五十年代后，方取得了开端和进展。从氯化烃类而转向有机磷，从实验而转向初步应用，经历了一个艰难的过程。尽管它对牛皮蝇蛆的毒效已相当清楚，但它在动物体内的代谢、命运、危害，及其可能对人安全的威胁，还须深入研究。看来不同动物对它的消化吸收和贮存排泄并不一样，因此同种昆虫吸食不同宿主血液以后，影响也不会完全相同；至于不同虫种的易感性或耐受性当然更是不同。随着工作的扩大和深入，认识自会逐渐提高，所以离大规模推广尚有若干距离，至于防制人体吸血昆虫更在开创阶段，唯已足说明这一途径是完全可能的。然而它也存在一定的缺点，因为即使带菌昆虫于吸血后被杀死，传染环节被切断，但被叮咬的人畜可能已感染病菌，未免将遭致损失或牺牲。

（四）诱虫剂

昆虫通过其感觉器官，特别是嗅觉感受器，而找到其宿主、食物、异性、以及产卵场所。有时某些气味的刺激是如此强烈，迫使昆虫呈直趋反应，可以作为诱虫之用。关于诱虫剂的研究，虽然在质量上还不够系统深入，但数量上已有相当资料，唯能应用于灭虫者还是凤毛麟角，近来关于诱虫剂的文献综述已有四篇^[34,35,1,43]。另外对昆虫的嗅觉也有文献索引和摘要工作^[48]。诱虫剂近正日益受人重视，最近几年筛选药物即在一万五千种以上^[6]，找到强有力的诱虫剂固然不易，可是确有进展。

化学诱虫剂可分为下列三类：（1）性诱物，系天然或合成产品，其特点往往具有高度的特异性和诱力，（2）餌诱物，亦即昆虫对食物和宿主的趋化性，其特异性和诱力一般不及性诱物，（3）孳诱物，即对产卵孳生场所的趋化性。

自然界产生气体的物质多数是有机物，包括（1）基本动物成分的化合物，如脂肪酸，蛋白质，腴，氨基酸等，主要作用于动物食性的昆虫；（2）基本植物的化合物，如香精油，树

脂等,主要作用于植食性的昆虫;(3)蛋白质的分解产物,如吲哚,粪臭素,胺,氨,尿素,二氧化碳等;(4)糖类发酵产物,如有机酸,醛,酮,酯类等。根据现有资料,诱虫物质的化学成分不外:(1)碳氢化物,(2)氨,(3)胺,(4)有机酸和酐,(5)氨基酸,(6)羟基化物(醇,酚),(7)酯,(8)醚和乙酸盐,(9)醛,(10)酮,(11)硫化物,(12)其他如二氧化碳,水分等。

性诱剂在农业昆虫方面的研究近已获得若干明显的成就。10,12-hexadecadiol-1-ol 已被确定为雄性家蚕蛾的诱虫剂,这是二十年来研究天然性诱物的重大发现。欧白芷籽油(Angelica seed oil)和仲-丁基-6-甲基-3-环己烯-1-羧酸酯(Sec-butyl-6-methyl,3-cyclohexene-1-carboxylate)乃是地中海果蝇(*Ceratitis capitata*)的高效性诱剂,并已在佛罗里达州预测和消灭该蝇的工作中起着重要作用。最近又发现仲-丁基 4(或 5)-氯-2-甲基-环己烯羧酸酯(Sec-butyl 4(or 5)-chloro-2-methyl-cyclohexene-carboxylate)及其相应的第三丁基酯更富有诱力和持久性。甲基丁香油(methyl eugenol)乃东方瓜蝇(*Dacus dorsalis*)的强力诱虫剂,在下风情况下,可诱雄蝇达半哩以上,虽说是性诱物,但可促使雄蝇贪食致死。它与杀虫剂混合使用,足以毒杀未交尾的雄蝇,毒效达 60—100%,这四个例子已可说明诱虫剂在农业上已开始应用,大有前途(见[43,62])。

关于医学昆虫的餌诱物和孳诱物,知道丽蝇科昆虫常呈尸食性,可用血、肉及羊诱引,人们认为羊和腐败产物的结合具有诱力,腐败产物存在于畜粪和烂毛中,也可用氨盐诱引,碳酸氨,吲哚,粪臭素,硫化氢,乙硫醇,丁硫醇等对厩腐蝇(*Muscina stabulans*)家蝇和小家蝇(*Fannia canicularis*)具有一定诱力。贪食美蝇的大量养殖工作中发现解冻的馬肉或磨碎的牛心,经在 98°F 加温两日,长着细菌的该液是强有力的产卵诱物。将它淋湿新鲜碎肉,在一天以内,肉温 100°F 和蝇龄 7 日的条件下,90%的美蝇在 3—4 小时内尽行产卵^[20]。

值得注意的是 Brown 近对诱蚊的因素进行了一系列的分析性研究,他发现温热,二氧化碳,水分,体嗅,和视觉刺激是诱蚊的因素,其重要性视具体情况而不同^[18]。长期以来,人们试图从脊椎动物散发的物质中找觅诱蚊的化合物,最近 Brown 和 Carmichael 两人^[19]从人和牛的血浆中所获得的 16 种蛋白水解产物和 17 种氨基酸,分别加以试验,结果证明 L-二氨基酸(L-lysine)低至 1ppm 时,仍对埃及伊蚊具有诱力,说明若干蛋白水解产物所以有效,主要也由于该酸。当其溶液放入笼内,静止的该蚊就起飞接近,甚至降落其上,等于放入豚鼠或手臂时所引起的反应。丙氨酸(alanine)亦有诱力,但是较差。按 L-二氨基酸和丙氨酸乃人血中三种最多的氨基酸之二。二氨基酸也存在于汗内,惟汗内还含有许多酸和盐基,其中多数恐有驱虫作用,所以汗仅在某种条件下和浓度下,方能诱蚊。体嗅与汗不同,都一致地能诱蚊,因此对埃及伊蚊来说,手嗅远比手汗具有诱力。至于体嗅的来源,近来有人认为是血液,也有一些研究证明血对按蚊(*Anopheles maculipennis atroparvus*)和埃及伊蚊具有诱力。且有人建议诱蚊的有效成分能从皮肤毛细管扩散于体外,近已证明有效成分能随水蒸气挥发出来。看来影响蚊虫对宿主选择性的主要因子可能是体嗅,而体嗅又决定于身体散发物中的某些氨基酸,也可能二氨基酸是最重要的氨基酸,丙氨酸则较次要。当然,这一问题尚待进一步研究解决,这里需要强调的是它们所用的研究方法,包括生化分离有效成分和排除试验人的影响等等方法,比较精密,值得我们重视。

我之所以提出诱虫剂主要因为它是一个具有发展前途的萌芽。在未来防制害虫的战略上,诱虫剂可能具有下列几种用途。(1)在初步有效阶段,它可用以侦察害虫,尤其是那

些难找的害虫,作为预测预报工作的工具;(2)高效的诱虫剂或方法,可与杀虫剂结合使用于某些有利的集中场所,边诱边杀,从而大大缩减处理面积,可以节约大量人力物力;(3)将来还有可能与化学不育剂结合使用,以诱虫剂诱集害虫自然种群中的某性或两性,并以化学不育剂使其不育,或再结合加放不育性昆虫方法,断绝其后代,达到区域性灭种的目的;(4)也可考虑另外一些可能,在不利于害虫生存或生殖的微小环境中使用诱虫剂,以达到生态学方法防制害虫的目的。诱虫剂多少具有特异性,因此它在防制害虫时有一特点,其本身能够诱集害虫,但对益虫或其他动植物则无害。可以设想,诱虫剂更适用于具翅能飞的医学昆虫,由于它们活动范围较大,这就有利于高效诱虫剂充分发挥其作用。

或许人们发问诱虫剂会不会发生抗性——即用久以后害虫对诱虫剂不再发生趋性反应。这一问题恐须分别对待。有人认为性诱剂不可能发生抗性,如果发生的话,害虫在自然界中势必找不到异性,不能进行交配繁殖,结果将自趋灭绝,因此性诱剂结合杀虫剂可成为永久性的灭虫工具。但是餌诱剂和孳诱剂的情况则不同,它们与杀虫剂结合使用以后,可能仅仅杀死最易诱引的部分种群而剩余的种群则反应较差,可是在自然界中仍能繁衍种族,因此餌诱剂和孳诱剂可能逐渐失效而不能成为一种永久性的灭虫工具^[43]。

四、結 語

晚近十年以来,防制医学昆虫的研究,无论从方向方法,理论实际来说,都迈了一大步,发展迅速,成就巨大,取得了新的胜利。

在生物学防制方面,出现了昆虫自灭(绝嗣)方法的新理论,其内容除微生物防制法外,包括射线不育性、化学不育性和遗传不育性,都是灭虫的新途径。使用丙种射线,处理贪食美蝇的蛹,使其成虫不育,通过现场持续超量施放,于几个月内消灭了不同大小区域内的该蝇,充分验证了射线不育性方法的应用价值。至于化学不育性和遗传不育性方法已在实验室内获得初步效果,该是值得重视的萌芽。尽管这些方法具有一定的局限性但是已给我们开辟了灭虫的新领域。

在化学防制方面,也出现了不少新的途径。科学家们已找到了一种远比一般滞留喷洒为持久有效的杀虫剂剂型——杀虫树脂(油漆)。由于杀虫剂可在漆面不断“开花”再生,其滞效便大为延长;它可与不同的杀虫剂配制混合,又可使用于一般滞留喷洒无能为力的场所,现已推广应用。科学家们又创造了一类适于室内应用的新型杀虫剂——滞留熏蒸杀虫剂。已经证明 DDVP 的蒸气对昆虫剧毒,但对人则比较安全,使用方法颇为简便,目前实际上已进入或接近推广应用阶段。此外,人畜动物通过内服比较安全的药物借以杀死其某些寄生或吸血昆虫已被发现,牛服 DOW ET-57 可以防制牛皮蝇蛆已至初步推广阶段。以上两种有机磷药物的急性中毒问题已经解决,但其长期使用后的慢性中毒问题尚待进一步研究确定。诱虫剂是一具有发展前途的萌芽,它和杀虫剂和化学不育剂的结合使用在未来防制害虫策略上都有重要的意义。

参 考 文 献

- [1] 张宗炳: 1959. 昆虫毒理学, 第 16 章: 743—56. 科学出版社。
- [2] Осилян, В. Т., Кажбан, В. Б. и Дунаева, Н. Д.: 1960. Бутадион—эффективное средство для борьбы с платяными вшами. Журн. Микробиол. Эпидемиол. Иммунобиол. 1960 (7): 18—22.

- [3] Adkin, T. R. Jr., Sowell, W. L., and Arant, F. S.: 1955. Systemic effect of chemical on the bed bug and Tone star tick when administered to rabbits. *J. Econ. Ent.* 48:139—41.
- [4] Ascher, K. R. S.: 1957. Prevention of oviposition in the housefly thru tarsal contact agent. *Science* 125(3254):938—9.
- [5] ———: 1960a. Florida screw-worm eradication facilities closed. *J. Amer. Vet. Med. Ass.* 136:18.
- [6] ———: 1960b. 15000 lures. *Pest Control.* 28(1):30.
- [7] ———: 1961a. Whats' news in the industry. *Pest Control.* 29(6):48.
- [8] ———: 1961b. Resume screw-worm fight. *Pest Control.* 29(8):62.
- [9] Barber, G. W.: 1948. The lethal lines of the house fly. *J. Econ. Ent.* 41:292—5.
- [10] Barlow, F., and Hadaway, A. B.: 1954. An investigation of some factors controlling the efficiencies of non-crystallizing insecticides in resin films. Part I. Films containing urea-for maldehyde resins plasticized with a castor oil alkyd. Part 2. Films containing various resins and plasticizers porton: Colonial Insecticides Res. Uint. (See *Trop. Dis. Bull.* 52(3):307—8.).
- [11] Barthel, W. F., et al.: 1955. Insecticidal phosphates obtained by a new rearrangement reaction. *J. Amer. Chem. Soc.* 77:2424.
- [12] Baumhover, A. H., et al.: 1955. Screw-worm control through release of sterilized flies. *J. Econ. Ent.* 48:462—6.
- [13] ———, Husman, C. N., Skipper, C. C., and New, W. D.: 1959. Field observations on the effects of releasing sterile screwworms in Florida. *J. Econ. Ent.* 52:1202—6.
- [14] Bennington, E.: 1960. A systemic insecticide and bait for flea and rat control. *J. Econ. Ent.* 53: 169—70.
- [15] Block, S. S.: 1948a. Insecticidal surface coatings. *Soap Sanit. Chem.* 24(2):138—41, 171; 24(3):151, 53.
- [16] ———: 1948b. Residual toxicity tests on insecticidal protective coatings. *Soap Sanit. Chem.* 24(4):155, 157, 159, 161, 207, 213.
- [17] Bracey, P.: 1954. Urea-formaldehyde resin as a vehicle for semipermanent insecticidal residues to control flies and mosquitoes. *Proc. 1st Intern. Symposium on Control of Insect Vectors of Disease, Rome*, 344—93. (see *Trop. Dis. Bull.* 52:305—6).
- [18] Brown, A. W. A.: 1956. Factors which attract *Aedes* mosquitoes to humans. *Proc. 10th Internatl. Congr. Ent.* 3:757—63.
- [19] ———, and Carmichael, A. G.: 1961. Lysine and alanine as mosquito attractants. *J. Econ. Ent.* 54:317—24.
- [20] Burns, E. C., and Goodwin E. E.: 1958. Tests with Dow ET-57 and Bayer 21/199 against cattle grubs in southwest Louisiana. *J. Econ. Ent.* 51:545.
- [21] Bushland, R. C.: 1956. Uses of radiation in insect control. *Absts. 10th Intern. Congr. Ent.* Section 12. Med. & Vet. Ent. 10.
- [22] ———: 1960. Screw-worm research and eradication. *Adv. in Vet. Sci.* 6:1—18.
- [23] ———: 1960. Male sterilization for the control of insects. *Adv. Pest Control Res.* 3:1—25.
- [24] ———, and Hopkins, D. E.: 1951. Experiments with screw-worm flies sterilized by X-rays. *J. Econ. Ent.* 44:725—31.
- [25] ———: 1953. Sterilization of screwworm flies with X-rays and gamma rays. *J. Econ. Ent.* 46:648—56.
- [26] ———, Linquist, A. W., and Knipling, E. F.: 1955. Eradication of screw-worms thru release of sterilized males. *Science.* 122:287—8.
- [27] Cole, M. M., et al.: 1959. Effects of gamma radiation on some insects affecting man. *J. Econ. Ent.* 52:448—50.
- [28] Craig, G. B. Jr., Hickory, W. A., and Vandehey, R. C.: 1960. An inherited male-producing factor in *Aedes aegypti*. *Science.* 132:1887—9.
- [29] Darden, F. B. E., et al.: 1954. A gamma-ray source for sterilizing insects. *Nucleonics.* 12(10):60—2.
- [30] Dauterman, W. C. et al.: 1959. Bovine metabolism of organophosphorus insecticides. Metabolism and residues associated with oral administration of dimethoate to rats and three lactating cows. *J. Agr. Food. Chem.* 7:188—93.
- [31] Davidson, G.: 1955. The principles and practice of the use of residual contact insecticides for the control of insects of medical importance. *J. Trop. Med. Hyg.* 58:49—56, 73—80.
- [32] Davis, A. N., et al.: 1959. Exploratory studies on gamma radiation for the sterilization and control

- of *Anopheles quadrimaculatus*. *J. Econ. Ent.* 52:868—70.
- [33] De Meillon, B.: 1946. Effect on some bloodsucking arthropods of "Gammexane" when fed to a rabbit. *Nature*. 158:839.
- [34] Dethier, V. G.: 1947. Chemical insect attractants and repellents. Blakiston, Philadelphia.
- [35] ———: 1957. Insect attractants and repellents. *Soap Chem. Specialities*. 33(3):97—101.
- [36] Drummond, R. O.: 1958. Laboratory screening tests of animal systemic insecticides. *J. Econ. Ent.* 51:425—7.
- [37] Eddy, G. W., McGregor, W. S., Hopkins, D. E., Dreiss, J. M., and Radeleff, R. D.: 1954. Effects on some insects of the blood and manure of cattle fed certain chlorinated hydrocarbon insecticides. *J. Econ. Ent.* 47:35—8.
- [38] Flynn, A. D., and Eden, W. G.: 1958. Systemic insecticidal action on blood-sucking ectoparasites of several compounds administered orally to rabbits. *J. Econ. Ent.* 51:499—501.
- [39] Gerolt, P.: 1959. "Vapour toxicity" of solid insecticides. *Nature*. 183:1121—2.
- [40] Gould, G. E.: 1948. The newer insecticides against roaches. *Soap Sanit. Chemicals*. 24(3):147, 149, 177, 179.
- [41] Graham, A. J., and Dudley, F. H.: 1959. Culture method for mads rearing of screwworm larvae. *J. Econ. Ent.* 52:1006—8.
- [42] Graham, O. H.: 1958. Test with Bayer 21/199 for the control of cattle grubs. *J. Econ. Ent.* 51:359—60.
- [43] Green, N., Beroza, M., and Hall, S. A.: 1960. Recent developments in chemical attractants for insects. *Adv. Pest Control Res.* 3:129—79.
- [44] Harvey, T. L.: 1960. Control of the Oriental rat flea with systemic insecticides fed to rats. *J. Econ. Ent.* 53:167—8.
- [45] Hayes, W. J. Jr.: 1961. Safety of DDVP for the disinsection of aircraft. *Bull. Wld. Hlth. Org.* 24:629—33.
- [46] Hewitt, R., Brebbia, A., and Waletzky, E.: 1958. Carbamoyl alkyl phosphorodithioates as chemotherapeutic agents: screening by aëdicial properties in laboratory mammals, lambs and calves. *J. Econ. Ent.* 51:126—31.
- [47] ———, et al.: 1958. Carbamoyl alkyl phosphorodithioates as chemotherapeutic agents: effect of dimethoate against grubs in cattle. *J. Econ. Ent.* 51:445—50.
- [48] Hocking, B.: 1959. Smell in insects. A bibliography with abstracts 500 pp. Defense. Res. Bd., Ottawa, Canada.
- [49] Hocking, K. S., Armstrong, J. A., and Downing, F. S.: 1960. Gamma-BHC/Cereclora new, long-acting lindane formulation for malaria control. *Bull. Wld. Hlth. Org.* 22:757—65.
- [50] Hornstein, I., Sullivan, W. N., and Murphy, B.: 1958. Fumigation properties of Dow ET-57. *J. Econ. Ent.* 51:408—9.
- [51] Jensen, J. A., Pearce, G. W., and Quarterman, K. D.: 1961. A mechanical system for dispensing known amounts of insecticidal vapours. *Bull. Wld. Hlth. Org.* 24:617—22.
- [52] Jones, C. M., and Matsushima, J.: 1959. Effects of ronnel on control of cattle grubs and weight gains of beef cattle. *J. Econ. Ent.* 52:488—90.
- [53] Knapp, F. W., et al.: 1958. Field studies with feed and bolus formulations of Dow ET-57 for control of cattle grubs. *J. Econ. Ent.* 51:119—22.
- [54] ———, Terhaar C. J., and Roan, C. C.: 1958. Dow ET-57 as a fly larvicide. *J. Econ. Ent.* 51:361—2.
- [55] Knippling, E. F.: 1955. Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males. *J. Econ. Ent.* 48:459—62.
- [56] ———: 1959. Sterile-male method of population control. Successful with some insects, the method may also be effective when applied to other noxious animals. *Science*. 130:902—4.
- [57] ———: 1960. Control of screwworm fly by atomic radiation. In Reitz, L. P. (ed.) 1960. Biological and chemical control of plant and animal pests, Pub. No. 61. Amer. Assoc. Adv. Sci. 169—82.
- [58] ———: 1960. Use of insects for their own destruction. *J. Econ. Ent.* 53:415—20.
- [59] Kruager, H. R. et al.: 1959. Bovine metabolism of organophosphorus insecticides. Metabolism and residues associated with dermal application of Co-ral to rats, a goat, and a cow. *J. Agr. Food Chem.* 7:182—8.
- [60] LaBrecque, G. C., Adcock, P. H., and Smith, C. N.: 1960. Tests with compounds affecting house-

- fly metabolism. *J. Econ. Ent.* 53:802—5.
- [61] Linquist, A. W.: 1955. The use of gamma radiation for control or eradication of the screw-worm. *J. Econ. Ent.* 48:467—9.
- [62] Linquist, A. W.: 1961. New ways to control insects. *Pest Control.* 29(6):9—19, 36—40.
- [63] ———, Knipling, E. F., Jones, H. A., and Madden, A. H.: 1944. Mortality of bedbugs on rabbits given oral dosages of DDT and Pyrethrum. *J. Econ. Ent.* 37:128.
- [64] ———, Roth, A. R., Hoffman, R. A., Yates, W. W., and Ritcher, P. O.: 1953. Chemotherapeutic use of insecticides for control of bloodsucking insects. *J. Econ. Ent.* 46:610—4.
- [65] Lorber, M. G.: 1958. DDVP—a new insecticide. *Vet. Med.* 53:492—3.
- [66] Maddock, D. R., and Sedlak, V. A.: 1961. Dosage-mortality response of *Anopheles quadrimaculatus* exposed to DDVP vapour. *Bull. Wld. Hlth. Org.* 24:644—6.
- [67] ———, ———, and Schoof, H. F.: 1961. Dosage-mortality response of *Musca domestica* exposed to DDVP vapour. *Bull. Wld. Hlth. Org.* 24:643—4.
- [68] Marquardt, W. C., and Fritts, D. H.: 1957. Control of cattle grubs by an orally administered organic phosphorus compound. *J. Amer. Vet. Med. Assoc.* 131:562—3.
- [69] ———, and Hawkins, W. W.: 1958. Experimental therapy of fly strike in sheep using a systemic insecticide. *J. Amer. Vet. Med. Assoc.* 132:429—32.
- [70] Mathias, W., et al.: 1959. Residual fumigants their potential in malaria eradication. *Publ. Hlth. Repts.* 74:379—81.
- [71] ———, Miles, J. W., and Schoof, H. F.: 1961. Relationship of ventilation and dosage to the effectiveness of DDVP as a residual fumigant. *Bull. Wld. Hlth. Org.* 24:649—9.
- [72] Mattson, A. M., Spillane, J. T., and Pearce, G. W.: 1955. Dimethyl 2,2-dichlorovinyl phosphate (DDVP), an organic phosphorus compound highly toxic to insects. *J. Agr. Food. Chem.* 3:319—21.
- [73] McGregor, W. S., Wade, L. L., and Colby, R. W.: 1958. Systemic control of *Dermatobia hominis* (L. Jr.) in Central and South American cattle with Narlene insecticide. *J. Econ. Ent.* 51:724—5.
- [74] Metcalf, R. L., Fukuto, T. R., and March, R. B.: 1959. Toxic action of Dipterex and DDVP to the house fly. *J. Econ. Ent.* 52:44—9.
- [75] Mitlin, N., and Baroody, A. M.: 1958. The effect of some biologically active compounds on growth of house fly ovaries. *J. Econ. Ent.* 51:384—5.
- [76] ———, Butt, B. A., and Shorting, T. J.: 1957. Effect of mitotic poisons on house fly oviposition. *Physiol. Zool.* 30:133—6.
- [77] Neal, W. W.: 1959. Field tests with systemic insecticides for the control of cattle grubs. *J. Econ. Ent.* 51:793—5.
- [78] Pearce, G. W., Schoof, H. F., and Quarterman, K. D.: 1961. Insecticidal vapours for aircraft disinsection. *Bull. Wld. Hlth. Org.* 24:611—6.
- [79] Peterson, H. O., et al.: 1958. Effectiveness of Dow ET-57 (Trolene) against the nasal botfly of sheep. *Amer. J. Vet. Res.* 19:129—31.
- [80] Plapp, F. W., and Casida, J. E.: 1958. Bovine metabolism of organophosphorus insecticides. Metabolic fate of 0, 0-dimethyl 0-2 (2, 4, 5-trichlorophenyl) phosphorothioate in rats and a cow. *J. Agr. Food Chem.* 6:662—7.
- [81] ———, and Casida, J. E.: 1959. Hydrolysis of the alkyl-phosphate bond in certain dialkyl aryl phosphorothioate insecticides by rats, cockroaches and alkali. *J. Econ. Ent.* 51:800—3.
- [82] Potts, W. H.: 1958. Sterilization of tsetse flies (*Glossina*) by gamma irradiation. *Ann. Trop. Med. Parasit.* 52:484—99.
- [83] Price, M. D.: 1960. Insecticidal resins a new concept in residual insect control. *Pest Control.* 28(10):47—58.
- [84] Raffensperger, E. M.: 1958. The effects of Dow ET-57 on chicken shaft louse infestations. *J. Econ. Ent.* 51:558—9.
- [85] Raun, E. S., and Herrick, J. B.: 1958. Clinical test of the efficacy of DOW ET-57 for grub control in cattle. *J. Econ. Ent.* 50:832.
- [86] Reid, J. A.: 1956. A small trial of insecticidal resins for control of cockroaches. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.* 50:227—31.
- [87] Robbins, W. E., et al.: 1959. Studies with P32-Bayer 21/199 sprayed on cattle. *J. Econ. Ent.* 52:214—7.
- [88] Rogoff, Wm. M. et al.: 1960. The in vivo activity of several systemic insecticides against cattle grubs in South Dakota. *J. Econ. Ent.* 53:183—7.

- [89] Roth, A. R., and Eddy, G. W.: 1959. Tests with a new organophosphorus compound (DOWCO 109) against cattle grubs in Oregon. *J. Econ. Ent.* 52:169—70.
- [90] Sanger, V. L.: 1958. ET-57 (Trolene) for demodectic mange—a case report. *J. Amer. Vet. Med. Assoc.* 132:56—7.
- [91] Schoof, H. F.: 1960. Recent developments in pesticides. *Amer. J. Publ. Hlth. & Nation's Hlth.* 50: 632—5.
- [92] ———, Jensen, J. A., Porter, J. E., and Maddock, D. R.: 1961. Disinsection of aircraft with mechanical dispenser of DDVP vapour. *Bull. Wld. Hlth. Org.* 24:623—8.
- [93] Sherman, M., and Ross, E.: 1960. Toxicity to house fly larvae of droppings from chickens fed insecticide-treated rations. *J. Econ. Ent.* 53:429—32.
- [94] ———: 1960. Toxicity to house fly larvae of droppings from chicks given Dipterex-treated Water. *J. Econ. Ent.* 53:1066—70.
- [95] Tanada, Y.: 1959. Microbial control of insect pests. *Ann. Rev. Ent.* 4:277—302.
- [96] Turner, Jr. E. C., and Gaines, J. A.: 1958. Systemic insecticides for control of cattle grubs in Virginia. *J. Econ. Ent.* 51:582—5.
- [97] Van Asperen, K.: 1958. The mode of action of an organophosphorus insecticide DDVP. Some experiments and a theoretical discussion. *Ent. Exp. Appl.* 1:130—7.
- [98] Vanderplank, F. L.: 1947. Experiments in the hybridization of tsetse flies (*Glossina*, Diptera) and the possibility of a new method of control. *Trans. Roy. Ent. Soc. London.* 98:1—18.
- [99] Vickery, D. S., and Arthur, B. W.: 1960. Animal systemic activity, metabolism, and stability of Coral. *J. Econ. Ent.* 53:1037—43.
- [100] Wade, L. L., and Colby, R. W.: 1959. Treatment time with DOW ET-57 for cattle grub control. *J. Econ. Ent.* 51:808—9.
- [101] Weintraub, J., et al.: 1959. Timing the treatment of cattle with Trolene for systemic control of the cattle grubs *Hypodermalinatum* (de Vill.) and *H. bovis* (L.) in Alberta and British Columbia. *Canad. J. Anim. Sci.* 39:50—7.
- [102] Wilson, H. G., and LaBrecque, G. C.: 1958. Tests with organophosphorus compounds as house fly larvicides in poultry houses. *Florida Ent.* 41:5—7.
- [103] Witter, R. F., Gaines, T. B., Short, J. G., Sedlak, V. A., and Maddock, D. R.: 1961. Studies on the safety of DDVP for the disinsection of commercial aircraft. *Bull. Wld. Hlth. Org.* 24:635—42.

RECENT ADVANCES IN RESEARCHES ON THE CONTROL OF INSECTS OF MEDICAL IMPORTANCE*

LIU CHI-YING

This is a literature review on the new and important developments as to the theories and their applications concerning the biological and chemical control of insects of medical importance.

Under the heading of biological control, Knipling's theory of the use of insects for their own destruction together with the recent progress in sterility by means of atomic radiation, experimental studies on chemical sterilants, and the concept of genetic sterility by hybridization is treated and commented at some length.

In the field of chemical control, the author calls attention to the residual fumigant technic, the semi-permanent insecticidal resins and the animal systemic insecticides as well as their significance in insect control at present or in future. In addition, studies on insect attractants and their potential use in insect control are discussed.

* This paper was presented before a joint meeting of the Chinese Entomological Society and the Peking Entomological Society on Oct. 27, 1961.