

害虫的遗传防治

〔英〕G. 戴维森 著

科学出版社

害虫的遗传防治

〔英〕G. 戴维森 著

方翠卿等译 伍建芬等校

科学出版社

1979

内 容 简 介

由于化学农药导致环境污染和害虫产生抗药性等缺点,昆虫学工作者正从各方面探索消灭害虫的新途径,利用遗传学方法消灭害虫就是这种新的途径之一。关于害虫遗传防治的研究为时尚短,但人们对它寄予很大希望,因其能导致害虫种的灭绝,且已有了一些成功的实例。本书比较系统地介绍了遗传防治的各个方面,包括昆虫不育技术的原理和数量动态、辐射不育、化学不育剂、杂种不育、胞质不亲和性、易位和遗传防治的其他方法,介绍了近年来实验室和野外研究的新成果。

G. Davidson

GENETIC CONTROL OF INSECT PESTS

Academic Press, 1974

害 虫 的 遗 传 防 治

[英] G. 戴维森 著

方翠卿等译 伍建芬等校

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

石 家 庄 地 区 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1977 年 10 月 第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1979 年 10 月 第二次印刷 印张: 5 3/4

印数: 13,361—27,430 字数: 130,000

统一书号: 13031·619

本社书号: 899·13—7

定 价: 0.48 元

译者序

自从有机农药发展以来,害虫防治实际上主要是靠化学农药。但化学农药的长期大量使用,不但造成环境污染,而且害虫对其产生抗性。因此,近年来不少工作人员都在探索新的防治方法,害虫的遗传防治就是这样的新防治方法之一。

遗传防治是利用遗传学的方法防治害虫,它具有种的特异性的优点。它不污染环境,害虫对它也很少产生抗性。而且这种方法成本低廉,效果迅速,甚至可以导致种群的完全绝灭或更替。因此,这个方法是有发展前途的。

遗传防治是近年来才发展起来的,历史虽短,但已经取得了不少成就。本书比较系统地介绍了近年来有关遗传防治方面的研究和进展。作者是从从事医学害虫的研究的,书中内容虽多偏于医学害虫,但其原理是可以普遍应用的。我们本着“洋为中用”的原则,将本书译出,以供有关方面参考。

参加本书翻译工作的有方翠卿、伍建芬、苏星、徐燕千、陆显祥、钟伟华和曾天勋等七位同志,并由伍建芬和方翠卿两同志对全书进行校订。由于我们水平所限,错误在所难免,希读者批评指正。

译者

1976年7月1日

著 者 序

利用遗传操纵的昆虫防治害虫种群的想法是由于使用化学农药所产生的问题而发展起来的。诚然，害虫对农药产生抗性可以认为是遗传防治发展的主要原因之一。使用残效持久的化学农药所造成的日益增长的环境污染而引起的广泛关注，是遗传防治发展的另一原因。

大规模地人工饲养不育昆虫，随后将其释放到自然种群中去进行遗传防治的方法有一个突出的优点，即只对那些造成威胁的目标害虫起作用，而对同一生态环境中的无害或有益动物没有不良影响，但使用杀虫药剂往往并非如此。此外，害虫对此种防治方法很少产生抗性。

在美国防治螺旋蝇的首次成功，引起了人们应用这种成本低廉的方法防治农业、医学和兽医所有主要害虫的兴趣。本书记述了应用不同的遗传防治方法防治上述某些害虫的实验室和野外试验的结果。

笔者毕生从事热带医学昆虫方面的研究，深信化学杀虫剂在防治由昆虫传染的人类疾病方面有重要作用，同时在正常使用的情况下，很少造成环境污染。更为重要的是其成本和其有效应用所需要的组织问题。目前，世界上仍然有很大一部分人口处于疾病的痛苦中，在这种情况下，害虫对化学农药产生抗性所引起的不断增长的威胁以及至今缺乏适当的化学和生物取代方法增加了要求消除害虫的迫切性。这个问题的解决必然依靠各种方法的合理地综合应用。遗传防治在未来的害虫防治中可能成为这些综合防治措施之一。

G. 戴维森 1974年5月

目 录

译者序	i
著者序	ii
第一章 导言	1
第二章 不育昆虫技术的原理和数量动态	5
(一) 大量饲养	6
(二) 不育	16
(三) 释放	20
(四) 数量动态	26
第三章 辐射不育	38
(一) 家畜害虫	39
(二) 农业害虫	46
(三) 公共卫生害虫	55
(四) 对辐射的抗性	58
第四章 化学不育剂	60
(一) 公共卫生害虫	64
(二) 农业害虫	81
第五章 杂种不育	86
(一) 按蚊	87
(二) 海滨伊蚊复合体	116
(三) 采采蝇杂交	116
(四) 蟋蟀杂交	117
(五) 猎蝽杂交	117
第六章 胞质不亲和性	119
(一) 尖音库蚊复合体	119

(二) 小盾伊蚊复合体·····	127
第七章 易位·····	128
(一) 基本知识·····	128
(二) 数量动态·····	134
(三) 易位个体的分离·····	139
(四) 复染色体·····	149
第八章 遗传防治的其他方法·····	151
(一) 致死因子·····	151
(二) 减数引发和性比偏离·····	152
(三) 种的更替·····	155
第九章 摘要和结论·····	158
参考文献·····	163
名词对照·····	174

何

第一章 导 言

大多数人都认为,对危害人类、家畜和粮食作物的害虫必须进行防治。防治那些传播人类疾病的昆虫可减少千百万人疾病的痛苦。

杀虫剂,尤其是稳定持久的杀虫剂,已为防治这三类害虫提供了迅速而有效的武器,但是恰恰正因为杀虫剂的稳定性和持久性而出现了害虫产生抗性和环境污染的问题。对杀虫剂产生抗性是自然界对广泛使用长效化学药剂的反应,杀虫剂的存在形成了一种选择性影响,即它把那些在遗传上不具有保护基因的个体消灭掉而让那些具有保护基因的个体存活下来并把这些基因传递给其后代。持久性和广为传播结合起来就使这种选择性影响增加到最大限度。

根据 Brown (1971) 和 Brown 与 Pal (1971) 报道,约 130 种农业上和兽医上重要的节肢动物对杀虫剂产生抗性,医学上重要的节肢动物则有 102 种。这些节肢动物中大多数是昆虫。事实上,在昆虫分布的一些地区只有为数极少的主要害虫是对这种或那种杀虫剂不产生抗性的。抗性一旦出现,那种杀虫剂便不能再使用,通常就改换另一种杀虫剂。对于许多昆虫来说,杀虫剂已经更换得太频繁,以致没有新的替换物可以使用。普通的欧洲家蝇 (*Musca domestica*) 就是一个最好的实例。Georghiou (1971) 举例,在加利福尼亚有一个种群对 DDT 和下列一些有机磷酸盐产生抗性: 马拉硫磷、二嗪农、皮蝇磷、倍硫磷 (fenthion)、二溴磷、乐果、草特磷 (zytron) 和

敌敌畏。另一些种群则对氯化环二烯烃类，例如六六六和狄氏剂，还有对氨基甲酸酯，例如西维因、异兰和残杀威 (propoxur) 产生抗性，在瑞典甚至还有一例对除虫菊酯产生抗性 (Davies 等, 1958)。在农业害虫中埃及棉夜蛾 (*Spodoptera littoralis*) 开始和家蝇一样，对 DDT、环二烯、有机磷酸盐和氨基甲酸酯、西维因产生抗性。

杀虫剂在公共卫生方面的应用基本上局限于人类居住的有限地方，它对非目标生物影响较少。这与其在农业上的应用完全不同，那里，有害的和有益的生物都同样受到影响。事实上，许多医学上重要的昆虫产生抗性的实例都是由于其繁殖地沾染了喷射农作物的杀虫剂。最新的实例就是首次记载的疟疾媒介 *Anopheles albimanus* 对有机氯、有机磷酸盐和氨基甲酸酯杀虫剂产生多种抗性。Georghiou (1972) 描述了萨尔瓦多这种蚊子的一个种群对 DDT、狄氏剂、有机磷酸盐：对硫磷、甲基对硫磷、马拉硫磷和杀螟松 (fenitrothion) 以及氨基甲酸酯：残杀威和西维因产生抗性，并且认为其对有机磷酸盐和氨基甲酸酯产生抗性是由于大量施用这些杀虫剂于棉花作物和少量施用于水稻和玉米引起的。在棉花 6 个月的生长季节期间内就用杀虫剂处理达 30 次之多。所用的杀虫剂有对硫磷、甲基对硫磷、马拉硫磷、久效磷 (azodrin)、敌百虫、谷硫磷、DDT、西维因和防治棉花食叶毛虫、秋行军虫、棉铃象、甘蓝假尺蠖、棉蚜 (*Aphis gossypii*) 及其他害虫的杀虫剂。大部分杀虫剂都是喷洒施用。

于是，杀虫剂使环境污染，虽然它们在农业上应用所造成的污染比在卫生上所造成的污染为多。Rachel Carson (1962) 在她的《寂静的春天》一书中以夸张激动的语言把一个没有鸟儿、蜜蜂和蝴蝶的世界的恐怖情景介绍给读者。但是，当抗性普遍出现，其他防治法又不能马上奏效时，杀虫剂仍不失为昆

虫防治工作者的一种应急药。在第二次世界大战以后,有关防治工作人员乐意使用杀虫剂这件事情本身正说明杀虫剂是当时最有效的一种防虫武器。当然,防治工作人员对当时的和试用过的防治法肯定进行过衡量,毫无疑问,他们必定是愿意采用杀虫剂这种比较有效的新技术。

专门的作物栽培措施和抗性作物的研究,同旨在减少重要的公共卫生昆虫的繁殖地的一般环境卫生措施一样,将大大加强。但是,这些都是长期的而且通常都是非常费钱的解决办法,还远远不能普遍应用。释放捕食者、寄生物和病原体的生物防治法虽然有不少成功的事例,但也有很多遭到失败。Knippling (1972)把其中一些失败归咎于释放水平的不足,并认为成功的可能性已增加,因为已经掌握了许多有关不同生物大量饲养方面的知识。他对生物防治法特别感兴趣,因为当害虫密度高时它是最有效的防治法。但是始终尚未确知的是,这些作用物是否将局限于目标害虫。就病原体或寄生物而论,有证据表明,其寄主易感性的简单的遗传基础正在积累。这就是说,如果抵抗力强的个体已经存在,那么,这种个体自然就会象抗杀虫剂的个体那样存活下来。

具有吸引力的诱捕器很久以来就被公认为可能是安全的昆虫防治方法,但是真正效率高的和特异性的诱捕器仍属稀少。天然的保幼激素及其合成类似物的实际作用迄今仍未确定,但是昆虫对它们已有“交叉抗性”的证据。这种证据在抗杀虫剂的家蝇(Cerf 和 Georghiou, 1972)和赤拟谷盗(*Tribolium castaneum*) (Dyte, 1972)种群中已显示出来。

本书讨论昆虫防治中的一种完全新的概念——利用昆虫防治昆虫本身。就大部分而言,这种防治法需要大量饲养种群、使这些种群不育并将其释放之,以期它们能与野生种群交配,以达到降低种群的能育性或导致种群灭绝的目的。这种

防治法中有些则需要更复杂的技术，即利用种群自然的不亲和性的技术和能导致种群更替而不是种群消灭的技术，目的是使这种更替种群事先由于遗传操纵而无害。

遗传防治法就其特性而言，是一种具有种特异性的无污染防治方法。在其导致种群消灭的地方，可能有一种“自然平衡的破坏”，虽然至今所知，过去用其他方法成功地消灭害虫并没有引起这方面的任何大灾难。遗传防治法优于其他大多数方法的地方在于当目标昆虫密度低时最有效，因为释放的昆虫，如果具有竞争力的话，就能够寻找野生种群。但是，这种方法对防治那些具有高度繁殖潜能的昆虫效果最差。对该种昆虫的遗传防治最好是在其虫口密度低的季节中进行，或者与旨在降低种群数量的其他方法结合进行。

第二章 不育昆虫技术的原理和数量动态

本书所论述的遗传防治方法主要系指释放辐射不育、化学不育、杂交不育或胞质不亲和等的昆虫到野生种群中去进行不育交配以达到野生种群数量大大减少或甚至绝灭的目的。用电离辐射或某些化学药物处理是人为的昆虫不育方法。近缘种杂交是产生不育昆虫的另一种方法，而不亲和方法系指释放某一性别的昆虫，该昆虫与其同种的同一群体异性交配是完全能育的，但是与同种另一群体的异性交配是不亲和的。所有这三种方法具有的不育效果都是由于不同的遗传机制所致，而其动态效果亦然。但是，我们将看到，我们所要论述的其他方法并非如此情况。例如，易位产生一种遗传的不完全不育性。在这点上，动态就更复杂，尽管在理论上它们会导致种群绝灭，但是看来它们更可能导致种群更替，虽然这种更替本身可能是一种有用的属性。事实上，非易位的其他人为的种群更替也将要论述。最后，减数引发 (meiotic drive) 和性比偏离 (sex-distortion) 机制虽然具有和其他一切方法一样的某些特性，但有其自己独特之处。因此，在原理和动态这部分所要论述的首先适用于人为的辐射不育、化学不育、杂交不育和胞质不亲和性，但是它和其他一切方法也将有相当大的关系。

一切遗传防治方法获得成功的主要要求必须是生产出足够数量的、健康而又有竞争力的(虽然遗传性不同)昆虫，并在适时适地把它们释放，让其与野生昆虫成功地交配。因此，适

传防治方法的成功将取决于人们是否具备有大规模饲养种群的知识，是否善于在不影响交配能力和竞争力的情况下进行不育处理或遗传操纵以及是否详细了解所要防治的昆虫的普通生态学和个体生态学。

(一) 大 量 饲 养

不育昆虫技术的原理就是以大量不育个体释放到野生种群中去。因此，大量饲养不育昆虫的方法是其根本。显然，这种大规模饲养的昆虫最好是一种具有高度的生物潜能和短的生命周期及简单的食物要求的昆虫。这里所谓的高度生物潜能系指雌性在饲养时容易受精、能频繁地产下大量卵、寿命长、而且在变为成虫前不会大量死亡。虽然可以设想，大量饲养能够通过不断捕捉某种野生的受精雌性并繁殖其后代来完成，但是自己饲养的群体具有许多优点。其中一个优点是能够控制病原微生物的发病率，另一个优点是可以防止滞育的发生，例如这在鳞翅目中是普遍发生的。滞育通常是由于日照长度变化而开始的。将群体置于标准的光周期条件下可以防止滞育的发生。群体在“无菌”条件下可以保持下来，虽然这些条件可能极少是严格的。容器和食物可以用高压消毒锅消毒，各种抗微生物剂如抗菌素、杀菌剂、苯酸盐、山梨酸、福尔马林、氯化汞、乙醇、次氯酸钠等可用作食物添加剂或用来冲洗卵。

大量饲养用的标准食物，对有关虫种来说，必须是营养充足并且具有吸引力，同时它还必须成本便宜和易于制备。成虫和幼虫可能要求不同的食物。引诱剂可能有助于刺激昆虫取食陌生食物，而要昆虫有取食反应可能需要兴奋剂。例如，习惯于取食叶子边缘的毛虫可能特别需要这些药剂。取食刺

激剂一般由某些食物成分来提供。吸血昆虫出现一些特殊的、但并非是不可克服的问题,它们很少局限于其通常的寄主,可是柠檬酸盐血液、oxyleted 血液、肝素化血液或脱纤血液的具膜食物通常可以用来代替活动物。

建立和保持群体的一个共同困难是所能提供的使昆虫发生天然交配行为的条件是有限的。可以通过光量和光质的调整来促进其交配,但是正如我们在下面将看到的,这就可能涉及到选择过程而最后产生交配行为的改变。产卵也可能是一个问题,它的解决办法在于进行不同产卵地点的试验或利用特异性的引诱剂。

为了进行真正大量的生产,可能需要饲养方法的标准化和某些自动化系统。例如,保证饲养个体有相等的密度和精确定期运送与发育阶段有关的大量食物的计算装置以及释放所需的虫期分离工具。在只释放某一昆虫性别时,最好有精确的性别分离机器。

毫无疑问,在这些人工条件下要连续不断地保持这些群体并试图获得尽可能的高产就必然产生出在许多方面与在自然条件下不同的昆虫。许多遗传学家如 Coluzzi (1971), Boller (1972), Mackauer (1972) 和 Boesiger (1972) 对这种只强调数量和一致性的倾向都曾经给予严厉的批评。他们都强调这种饲养丧失了杂合性。Mackauer (1972) 指出从种的分布中心采集大量个体建立群体的重要性。Boller (1972) 举遗传隘道 (genetical bottleneck) 为例,他说,大多数群体在其建立之初都要通过这种遗传隘道度过一个困难的时期,然后才适应于人工条件,在这个适应过程中遗传差异一定大大地减少。Boesiger (1972) 认为,种群数量开始显著减少可能是由于释放了大量饲养的不育昆虫,而当种群已经减少并分散时,困难就会发生。留下的昆虫可能就是那些没有被释放个体发

现的昆虫，于是他观察到对遗传防治的一种抗性——在野外选择出一些个体，它们不能识别释放的昆虫，也不与其交配。Coluzzi (1971) 研究蚊的大量饲养，主张采用性能不一致的群体和各种各样的养虫室条件，尽可能模仿野外条件，至少在每日光线和温度的变化方面如此。所有这些作者都批评那种因群体近亲繁殖而引起的单一化的倾向。Craig (1964) 研究埃及伊蚊 (*Aedes aegypti*) 的大量饲养，提出保持两个群体并让其杂交以产生释放个体。如果这两个亲代群体已经自交了一段时间，就会产生高度的杂种优势。正如我们将看到的，当我们研究胞质不亲和性和易位时，通过与野生种群的外交，可能把包含的遗传饰变传递到一个野生的遗传本底中去，因此，在理论上，无论如何都会消除在遗传隔离时所积累的许多差异。

还没有认真考虑的问题是在大量饲养过程中人工选择那些对不育昆虫技术的效率最起作用的特性。最明显的特性就是交配效率。显然，改变黄猩猩果蝇 (*Drosophila melanogaster*) 的交配速度并不困难。Manning (1961) 通过 25 个世代选择出了快系和慢系两个品系，慢系需要 80 分钟，而快系只需 3 分钟。两种性别均因这种选择而受到影响。作者本人试图通过选择雌性以提高冈比亚按蚊 (*Anopheles gambiae*) 种 A 的交配效率，但是选择了四次，似乎都没有什么差别，虽然最后一次选择的雌蚊在从蛹羽化出来的 17 小时后曾经进行过交配。雄性选择尚待试验。

Gast (1968) 从经济观点考虑大量饲养。对他来说，最简单的目标就是以尽可能最低的成本生产出合格的昆虫。他令人信服地指出，饲养一百万头棉铃象 (*Anthonomus grandis*)，采用只获得 10% 成活率的技术所花的成本要比采用能获得 80% 成活率的技术的成本便宜，因为采卵是便宜的 (10 分/1,000 个)，而幼虫食料是昂贵的——采用前一种技术，100 万头成

本为 1,000 美元,而采用后一种技术,则成本要加倍。改变幼虫食料可以大大节省成本。用棉籽粗粉和甘蔗渣代替脱水胡萝卜和酵母,饲养地中海实蝇 (*Ceratitis capitata*) 的成本由计划每百万头 80 美元降低到 4 美元。正如我们将看到的,在防治螺旋蝇的斗争中用同样方法节省了大笔开支。

于是有两种极端的观点——一种着重数量和成本,另一种则坚持生产的昆虫尽可能类似天然昆虫。依照作者的看法,没有一种饲养方法是不在生物学上受到批评的,不管怎样精心饲养,最终产品一定与野生的不同。由于迁移和大量饲养而引起的竞争力减退可以通过大量加入野生昆虫来解决。正如我们以后将讨论的,这种释放的成功也许并不完全取决于释放昆虫与天然昆虫之间的成功交配。拥挤和侵扰的影响也许起一定的作用。大量饲养接着进行旨在测定竞争力的典型释放试验是真正唯一的实际解决方法。尽力模仿一切自然条件的结果证明比现有的防治方法成本更高,而且所能释放的昆虫太少,以致没有任何效果。

下面所举的只是大量饲养方法的一些例子。为了进一步知道医学、兽医和农业上的重要昆虫的详细情况,读者可参阅 Smith (1966) 所著的一本书和维也纳国际原子能机构的各种出版物(见参考文献)。

螺旋蝇 (*Cochliomyia hominivorax*) 的大量生产由 Smith (1967) 详细叙述。将成蝇置于完全黑暗的能容纳约 50,000—60,000 头蝇的群体笼内,以混合的碾碎的瘦马肉和蜂蜜饲养。要每周生产 1.5 亿头蝇,每天就需要有 18 个这样的笼子。当 8 日龄的蝇子被提供一种专门的产卵基质时,容许有光。产卵基质由碾碎的马肉组成,其中加进了一种产卵刺激剂(心脏或血蛋白的提取物)。把这些基质放在一个浅盘内,盘上有一条保持温度(37—39℃)的加热线圈,在基质上面放有一组 7.5

瓦的电灯泡作为进一步引诱用。产卵大约在4小时内完成。幼虫在盘内饲养,食料为碾碎的肉、血、水和甲醛。现在,在得克萨斯的Mission的主要饲养工厂具有每周生产1.5亿头蝇的潜力,为此就需要约20,000磅干血粉和200,000磅肉。4—6天,幼虫便成熟,爬到盘边,最后掉落到槽里,槽中缓慢的流水把其带到采集中心点,在那里将它们去掉水分,并放在锯屑中让其化蛹。然后过筛将蛹收集起来置于27℃下5.5天才进行辐射处理。Gast (1968)谈到,利用这种食料的生产成本为每百万头1,345美元,如果改用血、鱼肉和乳粒的混合食料,成本可降低到每百万头800美元,若每周生产1.5亿头蝇,一年的生产便可节省33万美元。

实蝇已证明特别容易大量饲养。Nadel 和 Peleg (1968)相当详细地描述在以色列采用的每天生产达200万头地中海实蝇(*C. capitata*)的饲养方法。他们用大小为210 × 30 × 50厘米的能容纳25,000—50,000头蝇的笼子作为一个生产单位。成虫的食料为酵母和糖的混合物,获得产卵的方法是:准备一块稀薄的布,让雌蝇产卵时把产卵器插入布内将卵产到布下面的采卵盘中。大约两周的期间,从三个这样的笼子采到的卵有350毫升。以每毫升20,000个卵计算,这就相当于约700万个卵。将幼虫放在大小为25 × 35 × 1.5厘米的装有1.75公斤食料的盘子内饲养,每盘放30,000头幼虫。存活约67%。幼虫的食物是一种潮湿的混合物,由麦麸、酿酒麴和蔗糖组成,其中还加入了两种抗微生物的苯酸盐(对羟苯酸甲脂和对羟苯酸丙酯)。所用的水的pH通过添加盐酸调整到4.3—4.5。产量的10%拿回作繁殖用的原种。一个人每天能够管理近200万头蝇的生产,代价为每百万头5—10美元。

蚊虫也是容易大规模饲养的,尤其是埃及伊蚊(*Aedes aegypti*)。Smith (1967)描述了在乔治亚的萨凡那(Savannah)所