

生物防治

(六)

科学技术文献出版社重庆分社

〔书评〕

作物生产的生物防治

G. C. papavizas主编, 美国Allanheld, Osmun出版公司

1981年第一版。

本书采用两种方法进行介绍, 针对某种害虫讨论它的生物防治, 针对某种害虫防治剂讨论它的应用。书中对植物病害的防治讨论多了一些; 文集虽然带有一定国际色彩, 但往往集中于美国的害虫防治。本书有大量专业性文章, 对专业生物防治研究者有一定参考价值。

在概论一章(第2章)以后, 许多章节讨论了真菌的应用(第6章), 细菌病害的防治(第26章)和特殊基质的病害, 包括土壤(第20章), 植物表面(第21章)和特定的感染场所, 例如: 种子、幼苗、伤口(第16章)。

在杂草生物防治这个问题上有两篇文章, 一篇强调生物学防治(22章), 另一篇是关于研究中的争论(第23章), 这两篇文章特别引人入胜。第22章发展了这样一个观点: 防治因子仅仅只是杂草群体的许多特殊的不利环境条件之一, 它们的有效应用需要鉴定、评价和改变(如果可能的话)其它不利因子。

有好几章谈的是防治剂的大量生产。特别完整的评论是关于细菌(第9章)、真菌(第12章)、病毒(第17章)的大量生产。对于研究得比较少的防治剂(线虫和原生动物)只予简单的概括。生物防治的多学科的讨论方面, 有两章是很突出的, 第28章讨论了生物防治的经济学, 在此可以学习到在农业生产中如何从一个经济学家的角度来评价生物防治。在第2章中, 其引言部分, 将生物防治和作物的生态平衡以及它所支持的各种营养水平联系起来, 提出了四个有趣问题: 生态系统概念; 食草动物和植物相联系的理论; 敌对自由活动区域的理论; 群体动态的理论。作者指出的这些理论中的每一个都可以用来更好地理解生物防治的一般问题及其应用。

(梁世萍摘译自《Crop protection》, 1983, 2(2): 254—255)

生 物 防 治 (六)

中国科学技术情报研究所重庆分所	编 辑
科学技术文献出版社重庆分社	出 版
重庆市市中区胜利路91号	
新华书店重庆发行所	发 行
科学技术文献出版社重庆分社印刷厂	印 刷

开本: 787×1092毫米1/16	印张: 6.125	字数: 15万
1985年6月第一版	1985年6月第一次印刷	
科技新书目: 95—263	印数: 2500	

书号: 16176·79

定价: 1.20元

目 录

害虫综合治理与自然防治·····	张宗炳 (1)
昆虫信息素防治害虫的原理和方法·····	石奇光 (5)
苏云金杆菌制剂的工业标准化·····	费成煜 (11)
鳞翅目透翅蛾科昆虫性信息素的研究及其应用·····	杜家纬 (15)
生产苏云金杆菌 δ -内毒素的新发酵培养基·····	H.S.Salama (20)
苏云金杆菌生产中培养基的灭菌·····	E.T.Martucci (26)
苏云金杆菌制剂和化学杀虫剂处理柞色卷蛾的残效·····	W.A.Smirnoff (29)
白僵菌和绿僵菌在含不同糖源的基本培养基上的生长和孢子形成·····	P.K.Campbell (33)
在大田中影响蚜虫的捕食虫 (鞘翅目瓢虫科和双翅目食蚜蝇科) 幼虫分布的因素·····	A. Honek (37)
新线虫生物防治的潜力·····	Randy Gaugler (40)
应用昆虫寄生性线虫防治害虫·····	石橋信義 (46)
地中海国家应用信息素防治害虫·····	D.G.Campion (49)
土耳其南部基利金平原的主要棉花害虫及其经济阈值·····	C.Sengonca (56)
棉花栽培中苏云金杆菌芽孢的持久性·····	H.S.Salama (59)
发展中国家杂草治理中的生物防治·····	W.B.Ennis (64)
以累加虫日为作物保护指标·····	R.F.Rubbel (68)
库存谷物中螨和甲虫的分散相和分布·····	E. Žďárková (70)
使用牛粪木屑堆肥防治瓜类蔓割病·····	清水寛二等 (76)
生物型概念及其在农业害虫中的应用·····	M.F.Claridge等 (80)
涡虫在实验室和现场减少库蚊数量的效果·····	J.A.George (85)
捕食害螨的西方盲走螨抗疏遗传特性·····	M.A.Hoy (87)
文摘·····	(94)
书评·····	(封三)

害虫综合治理与自然防治

张宗炳

(北京大学生物系)

害虫防治历史的回顾及害虫综合治理的提出

害虫防治曾经经过了三个大阶段：①早期的害虫治理是依靠综合防治的，当时各种防治方法都不十分有效，各种方法都有其优缺点，因此提出了用各种防治方法的配合，取长补短，以求获得最好的效果。在这个阶段中，有些害虫的为害不能十分有效地防治，但一般能降低水平，对多数害虫还是有效的。②四十年代以来，出现了DDT，相继出现了666，有机磷杀虫药剂，氨基甲酸酯类。它们都是极有效的杀虫药剂，因此防治效果大大提高了。有些药剂曾被名为“一扫光”，说明对多种害虫都有效，在这一阶段的初期，人们甚至于过分乐观，认为害虫问题可以彻底解决了。这个阶段的标志是化学防治占独断地位，一切其他防治方法都少用了，也少有人研究了。前一阶段提出的综合防治基本上被放弃了。完全依赖杀虫药剂。在第二阶段的初期，确是发现害虫防治的效果大大提高，以前一些难以防治的害虫也能防治了。但是到了六十年代，就发现了这样做存在有问题。首先是害虫对杀虫药剂都发生了抗药性，防治效果降低了，或是需要用更高的剂量。但是更严重的是，发现完全依赖杀虫药剂（因而有时有滥用杀虫药剂的情况），出现了很多不良的后果：首先是环境的污染及生态平衡的破坏，由于某些杀虫药剂的残留时间长，它在环境中可以长期存在，而由于它们是毒剂，因而对于自然间的

一些非靶标的生物也产生了为害。这一不良效果甚至威胁到人类的健康与社会的安全。但是单从害虫防治来讨论，完全依赖杀虫药剂也产生了不良的后果。由于杀虫药剂对于一般昆虫都有毒，因此它也同时杀死害虫的天敌。结果害虫失去了自然控制，发生越来越严重，很多次要的害虫，原来自然控制，不严重为害，现在也变成了重要害虫。总之，越用杀虫药剂防治，就越要用杀虫药剂防治，用药量越来越增加。收到的经济效果越低，第二阶段的害虫防治总的情况是：虽然害虫依然可以防治，但是害虫越来越多，越来越不易防治。考虑到对自然平衡，环境污染等问题，这样的做法是必须改变了。③1966年在一个会议上（FAO），重新提出了害虫综合防治（Integrated Pest Control 简称IPC），但是它的含义与前一阶段的害虫综合防治不完全相同，1972年在另一个综合会议上，建议把它改害虫综合治理（Integrated Pest Management 简称IPM）。这是害虫防治的一个新阶段，它主要是为了克服单独依赖杀虫药剂的一些缺点，但并不废除化学防治。用这一防治策略，已经取得了更好的防治效果，经济上更合算，并且不破坏生态平衡，不造成环境污染。

什么是害虫综合治理呢？我们可以看一下最早由FAO提出的定义，以及后来改为IPM时的一些补充说明。

FAO下的定义是：“害虫综合防治是一套害虫治理系统，这个系统考虑到害虫种的种群动态及其有关环境，利用所有适当的方法与技术以尽可能互相配合的方式，以维持

害虫种群达到这样一个水平，即低于引起经济为害的水平”。这个定义中指出了，①防治不需要全部消灭害虫，而只达到经济不为害的水平。②提出了各种防治方法的协调配合及③考虑到有关环境。

害虫综合治理按照Rabb(1972)的见解，就是：“明智地选择及利用各种防治方法来保证有利的生态方面的、经济方面的及社会方面的后效”。他所提出的实际措施包括：①测定一个害虫的生态系统，决定是否需要改变其数量，降低到可忍受的水平，也即低于经济限阈之下；②应用生物学的知识，及目前的技术来研究达到这一需要的改变，即应用生态学；③设计害虫防治的方法，既适应于现代的技术，又符合于环境的要求，即社会的可接受性。

1978年Ray F. Smith对于害虫综合治理下了一个很长的定义，“害虫综合治理乃是一个多学科的、偏重于生态学的、对害虫种群的管理办法，它用各种防治方法配合成为一个协调的害虫管理系统。在它的实施中，害虫综合治理乃是多战术的战略，但是在这些战术中，鼓励充分地利用自然防治因素，而只有必需时用人工的害虫防治方法。因此，在这一定义中，意味着这样一个了解，即人工加上去的防治方法，特别是传统的杀虫药剂的应用，只有在经济损失限阈达到时，才许应用，同样地，应当了解，综合害虫治理不依赖于任何一种防治手段。在任何情况下，防治策略都是要使所有的防治手段与环境中的自然调节或限制因素配合起来”，这个定义明确地指出了害虫综合治理是主要考虑生态平衡的，是多种防治方法配合的，是着重自然调节，并且指出人工防治方法在能自然控制时是不需应用的，特别是化学防治法。

害虫综合治理在理论上的特点

由以上定义可以看出，害虫综合治理有

三个着重点：①以生态学的原则来指导进行害虫防治。②不要求彻底消灭害虫，而只要求将害虫数量维持在不造成经济损失的水平上。因此，它是一种“容忍哲学”，容忍一部份害虫的存在，甚至认为这一小部份不至于为害的害虫的存在是有好处的，它可以作为害虫天敌的寄生与食物，维持了自然控制因子的作用，③它重视自然控制因子的作用，认为多数害虫是有自然控制的，因而不致为害，有些为害的种类也由于自然控制而可以减轻其为害。因而所有人为的防治措施都应该与自然控制协调，促进自然控制，而不应削弱自然控制。

这三点是与以前的害虫综合防治完全不同的。以前的综合防治没有提出，至少没有强调，按照生态学原则来指导害虫防治。以前的综合防治是企图彻底消灭害虫，或尽量消灭害虫。以前的综合防治只提出了各种防治方法的配合，而没有指出对自然防治的协调。正因为有这三点与早期提出的害虫综合防治不同，我们觉得用害虫综合治理这一名词比较合适。

这三个特点实际上是相互联系的，为了维持生态平衡，维持生态的多样性，就不需要彻底消灭害虫。保留一些是维持自然平衡的一个方面，而这又是加强自然控制。“害”与“益”本来是相对的，对人类有害的害虫，可能从鸟类的观点来看是有用的食物，并且维持了生态的多样性也即维持了遗传的多样性。有些有害的生物可能具有有用的基因。

在全部昆虫中，植食性昆虫占80%左右，而在这些植食性昆虫中，90%左右虽然取食植物，并不严重为害。有人把对植物加害的害虫分为四类：①第一类是害虫种群波动水平永远在经济限阈（Economic threshold, ET）及经济为害水平（Economic injury level, EIL）之下的，它们永远不造成严重的为害。②第二类是害虫种群水平偶而超过经济限阈，如在未达到经济为害水平时予以防治，一般也不造成危害。这一类害虫

的偶而发生常由于环境条件改变或自然控制削弱。③第三类是害虫种群波动水平常常超过经济界限,有时超过经济为害水平,因此必须永远注意,予以防治,否则造成受害。④第四类是害虫种群波动水平始终在经济为害水平之上。这是主要的害虫,每一种作物上多数有1—5种左右。

单纯依赖杀虫药剂,主要是滥用杀虫药剂,它所造成的一个后果就是把第二类及第三类害虫改变成了第四类,由于失去了自然控制。单纯依赖杀虫药剂的防治时,也考虑经济效益,但只考虑一个方面,即费用与收益之比,只要用的杀虫药剂的费用小于挽救了损失的收益就进行防治。还有第二个方面,即收益与为害之比,在以前是没有考虑到的。一种害虫的防治,杀死了第二种害虫的天敌,引起第二种害虫的发生为害。这也是一个必须考虑到的经济因素。而综合害虫治理就是也考虑这一因素的,当然第一因素依然是十分重要的。

这些都是害虫综合治理不同于前二个阶段的害虫防治策略的。但是我们想重点谈的还有第三点。即对自然防治的重视。

因为我们强调自然控制因子,我们因此也强调各种防治方法与自然防治的协调。正因为生物防治、农业技术防治及抗性品种等是应该优先采用的方法,它们一般不与自然防治发生矛盾,有时还可以促进自然防治。而化学防治(至少以前的化学防治法)是与自然防治有矛盾的,它杀死害虫天敌,因此,化学防治(至少以前的做法)是应该尽量不用的,除非是不得已,没有别的有效的防治方法。

不幸,目前的情况确实是如此,多数的害虫(农业及卫生害虫,检疫昆虫等)都还必须用杀虫药剂。估计有90%左右的害虫的主要防治法还是化学防治。从四十年代以来,对于害虫的生物学的研究放松了。因此,新的、非化学防治法的研究与提出受到了影响。仅在1966年之后,也即害虫综合治理提

出之后,非化学防治法,特别是生物防治的研究与应用,才受到重视,不可能在这短时期内就出现许多重大的成果。而抗性品种的培育,生物防治方法的应用都需要较长时期才能成功。农业技术防治法更受到许多因素的限制。这并不是说,非化学防治法完全没有成功,它显示出了希望,有些已能初步应用,有些有待改进,使其更稳定,可靠。但一句话,非化学防治法目前还不能取代或完全取代化学防治法。

化学防治与自然防治的协调

既然,化学防治法还是要用,那么就是要研究如何使化学防治与自然防治(及生物防治)协调起来。

化学防治是可以改变的,有许多方法可以改变以前的杀虫药剂的应用,①第一,是利用生理选择性的杀虫药剂,即只杀死害虫而不杀死害虫天敌的杀虫药剂。如灭幼脉对于鳞翅目害虫都极有效,而对于其天敌很少杀伤作用。伏杀磷也是这样一种选择性杀虫药剂,灭蚜松及抗蚜威只杀死蚜虫,而不伤害蚜虫的天敌。可惜这一类的杀虫药剂还不多,有许多害虫还找不到这样的选择性药剂。②通过生态选择性来杀死害虫而不伤害天敌,例如控制剂量,调节使用方式及剂量,局部施药,调节施药时期,等等。这些方法也都有效,例如,对于某一种害虫及其天敌,总可以找到一种杀虫药剂对前者更有毒,对后者虽有毒但较差些。那么,可以通过控制剂量,杀死大部份害虫,虽然天敌也有一小部份被杀死,但多数留下,而留下的小部份害虫可以由这大部份留下的天敌予以控制,这是十分理想的。因为既消除了害虫的为害,又维持了自然控制。并且,这个方法极容易执行的。

总之,化学防治的做法是可以改变的,并且必须改变,以前的“治早、治少、治了”的彻底消灭害虫而大量全面施用杀虫药剂的

做法必须废除。根据生态学原则应用化学防治不但是可能的“并且与一般人的想法不同，它并不是犯罪”，并不会破坏生态平衡及污染环境及影响自然控制。

自从害虫综合治理提出之后，化学防治的做法已经有了改变，现在的多种害虫综合治理中都还保留了化学防治，但用药剂量大为减少，用药面积也大为减少，因为配合了其他防治方法。必须指出，化学防治法的改变只是一个方面，另一个方面就是要尽量发展非化学防治法，如生物防治及抗性品种等。因为这是基本的，非化学防治法与自然防治基本上协调，并且一般没有污染环境，破坏生态平衡等问题。所以，在害虫综合治理中，发展非化学防治法乃是重要的一面。能减少用一些化学防治法，总是发展的方面。

害虫综合治理与自然防治

这样的害虫综合治理会造成什么后果。当然防治是更有效了，经济收益（由于减少了用药）增加了，化学防治的一些不良后果消除了。但是最主要的成功，乃是恢复了对多数害虫的自然防治。上述的第二类及第三类害虫可以减轻为害，第一类害虫根本不为害。

但是要取得这样的成果不是一两年内可以成功的，要比较长的时间，在长时期内少用杀虫药剂，只有必要时才用，就可以使各种害虫的天敌逐渐恢复，对害虫达到了自然控制。时间越长，多种害虫的天敌恢复得越多，就越不需要人工防治。当然，有些害虫（第四类害虫）它们正常时的种群波动水平永远在经济为害水平之上的，是自然控制所不能控制的，还需进行人工防治，甚至于化学防治。

有一个较成功的事例，即广东省四会县大沙公社水稻害虫的综合治理。从以前广泛使用杀虫药剂到逐渐用农业技术防治法，生

物防治法及抗虫品种替代了一部份化学防治。七年后的情况大为改变。调查显示，许多种天敌增加了，许多种害虫不用防治了，有些害虫还要偶而发生及点片发生，还要用人工防治（主要为化学防治）。少数几种害虫比以前严重了（以前化学防治把它们兼治了，现在失去了人工控制，反而发生了）。这些还需使用人工防治。

具体的情况是：这个地区受三条江河的泛滥淹浸，耕作制度复杂，有水浸低田的单造田，有高旱田上的双造田，有介乎两者之间的中造田，害虫可以终年转主为害。主要害虫为三化螟，稻纵卷叶螟，粘虫及稻飞虱，害虫综合治理采取了农业技术措施（平整土地，改造孳生害虫的环境，早造提早浸田及沤田，消灭越冬虫源）。选用抗虫品种（早造用“窄叶青”，晚造用“包选二”）及生物防治（养鸭治虫，以菌——苏云金杆菌——治虫，释放澳洲赤眼卵蜂及松毛虫赤眼卵蜂）以及合理用药。七年来的结果是天敌大为增加，如稻苞虫的寄生率由3.38%（综合前）增加到52.05—53.89%（74年后不同年份调查），蜘蛛与害虫（飞虱，叶蝉等）的比例由1:40—70改变为近似1:1，各种捕食性天敌（稻红瓢虫、隐翅虫、步行虫、豆娘，蜘蛛等）的增加约为四倍（化防区与综防区的比较为1000对4000）。七年来的结果，许多害虫基本上已经不用防治（如粘虫、眉纹夜蛾、斜纹夜蛾、稻螟蛉、稻结巢螟、稻苞虫、稻褐眼蝶、短额负蝗），许多害虫的为害大为减轻了（白背飞虱，黑尾叶蝉，白翅叶蝉，电光叶蝉，二点黑尾叶蝉等）。有些害虫还发生，但点片发生，只需局部用药防治（如主要大害虫三化螟及褐飞虱），少数害虫发生反而严重了（如稻蝗及稻蓟马），稻蓟马在早春无天敌，没有自然控制，减少了用药之后就发生严重了。因此早春对于稻蓟马还需用化学防治。

但是突出的成果是不但化学用药减少了，今天已经也不用大量地放鸭治虫，用苏

昆虫信息素防治害虫的原理和方法

石奇光

(中国科学院上海昆虫研究所)

昆虫性信息素是雌虫在性成熟后释放出来引诱雄虫的一种化学活性物质。因此在田间设置一定数量的信息素诱捕器,可以消灭大部份雄虫,从而达到防治害虫的目的。或者在田间大量释放信息素的气味,破坏雌雄虫间的交配通讯联系,以致雌雄虫间无法交尾繁殖下一代而达到防治目的。目前所使用的田间防治技术有诱捕法和干扰交配法两种。

一、诱捕法

大量诱捕法^[1] 大量诱捕法又称灭雄技术,这是利用雌虫释放的性信息素对雄虫有强烈的引诱作用的原理。用合成的性信息素或雌虫粗提物装入诱捕器,每只诱捕器就象一头活“雌蛾”,招唤雄蛾前来交尾。在防治田块中或田间外围设置一定数量的诱捕器,大量诱杀雄虫或雌雄两性昆虫,结果造成田间雌雄虫比例失调,从而减少雌雄间的交配机率,使下一代虫口密度大幅度下降,达到防治害虫的目的。如果诱捕器的数量和有效诱捕范围,能够与田间野生雌虫相竞争的程度时,就能控制昆虫的种群。

大量诱捕法防治虫口密度较低的田块效果较好,如田间虫口密度较高,须先用化学杀虫剂或其它的防治措施压低虫口,再用大量诱捕法诱杀漏网的害虫。这种方法的优点是特异性强、对益虫无害、对环境有利、缺点是需要大量诱捕器,而且大量诱捕器的管理似乎是一件比较困难的事。

作物诱集^[1-2] 播种前在田间先种上几行作物,使它比其它作物生长早,将信息素喷洒在这几行作物上,诱使大部份害虫集中在小范围内,然后用杀虫剂处理。也有将信息素和杀虫剂混合使用,直接喷洒在局部范围内的作物上,使诱来的害虫接触杀虫剂致死。这两种方法防治害虫都可以减少化学杀虫剂用量,使杀虫剂对天敌的影响减小到最低程度。如棉铃象虫就是采用这种方法来防治。最近美国农业部将红铃虫性信息素与杀虫剂氟氰菊酯、粗糖、棉籽油和棉籽粉混合并加入一种表面活性剂,直接喷洒在棉株上部棉叶防治红铃虫,由于性信息素对雄蛾有强烈的引诱作用,诱来的雄蛾在企图与棉叶交配时接触杀虫剂很快致死。糖能刺激雌雄蛾取食中毒,在成虫产卵繁殖前即被杀死。这种方法不仅能杀死雌雄红铃虫成虫,而且

云金菌及释放赤眼卵蜂,自然控制因子已经基本上恢复,人工防治的措施普遍地减少了。这才是综合害虫治理的真正成功。

显然,要达到这一地步,需要减少用杀虫药剂,而减少用杀虫药剂又必需:①以非化学防治方法替代一部份化学防治以及②化学防治的合理使用。这二者又是互相促进的,

但不完全相同。因此,我们从害虫综合治理重视自然控制因子这一点出发,从害虫综合治理要达到尽量能用自然防治这一点出发。我们强调,①非化学防治法,主要是生物防治的研究要加强;②合理的化学防治法,按照生态学原则应用杀虫药剂也要加强。

对棉叶上部活动的其它害虫也有一定的杀死作用，这就比单用信息素处理效果要好^[3]。

信息素与其它防治方法的结合使用

性信息素与黑光灯、杀虫剂、化学不育剂和病毒杀虫剂等结合使用，可显著提高诱杀和防治效果，如在性信息素诱捕器内壁涂上一一定量的化学不育剂，使成虫接触后成为不育雄虫，飞回田间与正常雄虫竞争，与雌虫交配，结果雌虫产下的卵为不育卵。采用这种擒后又放的方法，要比直接诱杀雄虫更有效。但是这种防治方法在进入实际应用前，须找到一种有效而安全的化学不育剂。

性信息素与病毒杀虫剂的结合使用，其原理与化学不育剂类同，使诱来的雄虫接触病原体并携带病原体飞回群体中造成流行病，扩散蔓延。这种方法已在仓库害虫上进行了尝试。

诱捕法是一种简单而方便的害虫防治技术，适用于防治一些一生只交配一次的昆虫、雄性早熟或对雌雄两性昆虫同时发生引诱作用的害虫。特别在虫口密度较低的田块中使用诱捕法效果比较明显。大多数田间试验表明，田间虫口密度过高，则很难收到理想的效果。这是因为许多农业害虫的田间雌雄比例大多接近1:1，自然界的每头雌虫似同一只“诱捕器”，在虫口密度高的情况下，人工放置的诱捕器无法与它竞争，况且大多数昆虫都有多次交配的习性，如一头红铃虫雌蛾在野外平均交配2—3次，最高可达9次；一头雄蛾也可交配9次；而麦蛾雄蛾最高可交配12次之多。因此，尽管诱杀了相当数量的雄虫，而残存下来的雄虫足以满足繁衍后代之需要。Roelofs^[4]根据性信息素诱捕器同田间害虫竞争的能力，蛾子羽化日程，存活力以及雄性先熟等因素，通过理论计算认为，采用诱捕法防治害虫，诱捕器同雌蛾的数量比至少要达到5:1，才能抑制95%的交配。也有人认为只有消灭90%甚至95%以上的雄虫，诱捕法才有实际意义。不过这些论点都是理论性的估计，实际上大量诱杀法的

防治效果与害虫种类、虫口密度、天敌及环境等条件有关。也有一些研究者认为信息素诱捕法在实际应用时，并不要求消灭大量害虫，只要求将虫口压低到一定数量，然后利用天敌等其它因素的作用，也能有效地控制害虫。

信息素诱捕法防治害虫，国内外都已作了不少试验，尽管诱捕法不一定对每一种虫都有效，但是对红铃虫、红带卷叶蛾、葡萄小食心虫和梨小食心虫等试验表明，大量诱捕法防治低虫口密度田块时效果较好，显示一定的潜力。因此，各国仍十分重视。这一技术如何在害虫治理系统中巧用，值得进一步研究。

二、干扰交配法

干扰交配技术^[1,5] 又称迷向法，1960年美国的Beroza首先提出用人工合成的信息素，弥散于大气中以扰乱雌雄蛾交配前信息联系，从而达到防治害虫的设想。因为在自然环境条件下，雌蛾在准备交尾前先释放出性信息素，释放的性信息素迅速挥发，当信息素分子顺风飘走时，便在空气中形成一条信息素带。雄蛾一发现此带便逆风追逐雌蛾，就象狗在地上凭嗅觉寻人一样，雄蛾追上雌蛾后便进行交尾，而后雌蛾就会产下受精卵。如果将装有信息素的载体大量施放在田间，每一载体相当于一头假雌蛾，在整个作物区形成了无数假雌蛾。每头假雌蛾都释放性信息素并形成一条信息素带，雄蛾追逐假雌蛾定向，这样就扰乱了雌雄蛾交配前正常的信息联系，使雄蛾无法找到真正的雌蛾进行交尾，从而减少了交配机率，达到控制害虫繁殖的目的^[6]。

目前对干扰交配技术防治害虫的机理尚缺乏深入的了解。从一些研究结果推测，可能有三种机理^[6]。第一种机理是感觉适应。因为雄蛾持续地暴露于人为的高浓态信息素下，触角感受器产生适应现象，停止传输信

息到中央神经系统,对配偶所释放的信息素暂时无反应;第二种是中央神经系统的惯化。当雄蛾暴露于信息素气味下时,感受器持续反应,但并不导致适应,此时雄蛾对雌蛾释放的信息素也会失去行为反应,这种惯化作用能持续数分钟甚至数小时;第三种为迷向作用,即人为地将信息素释放源同配偶释放的天然信息素进行竞争,当人工释放的信息素充满田间空间时,雄蛾失去了对天然信息素的定向能力。

昆虫信息素直接防治害虫的方法颇受人们重视。利用信息素扰乱雌雄虫间的交配有四种可采用的技术^[6]。

昆虫性信息素 这种方法是直接使用人工合成的目标昆虫信息素弥散于大田,扰乱雌雄虫交配前信息联系。Gaston等通过粉纹夜蛾的试验,最早证明性信息素顺-7-十二碳烯醇醋酸酯可以扰乱雄蛾对雌蛾的定向。试验在 27×27 米²的田块上进行,每隔3米放一只直径为22毫米不锈钢盘,内放20微升约17毫克信息素,第四天再加10微升样品,不锈钢盘上盖一铁丝网以防虫子进入。在田块中心处设一诱捕器,内放10头未交配的雌蛾,对照区设在600米以外。试验期间,对照区的诱捕器共诱到102头雄蛾,而处理区未诱到一头雄蛾。这个实验结果说明,空气中的合成信息素能够阻止雄蛾对雌蛾的定向,破坏雌雄虫间交配前通讯联系。

昆虫性信息素单一组份 大多数昆虫的性信息素是由一个以上的化合物所组成。因为每种昆虫都对自身的信息素的化学结构和各成份间的比例要求十分严格,如果人为地释放一定量的单组份化合物,破坏雄蛾感受信息素时所要求的严格比例,同样可以扰乱雌雄虫交配通讯,达到减少交配机率的目的。单组份信息素往往本身不具引诱作用,因此不会将试验区外的雄蛾诱入试验区。例如斜纹夜蛾的性信息素由顺-9,反-11-十四碳二烯醇醋酸酯(1)和顺-9,反-12-十四碳二烯醇醋酸酯(2)

组成,(1)和(2)组份的比例为10:1。在12.5米²试验区当用4毫克的(2)化合物处理时,结扎在竹杆上的36头雌蛾的交配率下降了90.2%,而使用同样剂量的(1)成份时交配率下降86.8%,而用(1)+(2)复合性信息素时,雌蛾交配率仅下降61.2%。

昆虫信息素类似物 昆虫触角上的感化器对雌蛾释放的天然信息素的结构具较高的特殊选择性,但最近几年田间筛选研究发现有些化合物其化学结构和天然信息素非常酷似,同样也具有刺激昆虫感化器的作用,引起类似的行为反应。尽管大多数类似物的生物活性比天然信息素低,若将其弥散于田间,同样起到扰乱和破坏雌雄虫间的交配通讯联系。例如“海克”引诱剂是红铃虫天然性信息素的类似物,它对雄蛾的引诱活性比天然性信息素低100倍,如将它弥散于棉田中,也能起到扰乱雌雄蛾交配通讯的作用,不过只有当“海克”引诱剂的用量为天然性信息素的100倍,才能产生与天然性信息素相似的效果。Shorey等在棉田释放“海克”引诱剂330克/公顷时,铃害率可减少75%。但试验用的“海克”量太大,从经济上考虑,在生产上是不实用的。

昆虫性信息素抑制剂 田间试验发现有些化合物具有抑制雄蛾向诱捕器定向的作用,当这些化合物和信息素放在一起时,信息素将失去对雄蛾的引诱作用。若在田间使用这类信息素抑制剂,同样能引到扰乱雌雄虫交配通讯的作用,这是一种颇有希望的防治技术。例如茶小卷叶蛾的信息素为顺-9-十四碳烯醇醋酸酯和顺-11-十四碳烯醇醋酸酯,其反式异构体却具有抑制引诱作用。Minks在0.2公顷果园内喷洒反-9-和反-11-十四碳烯醇醋酸酯以9:1比例混合制成的微型胶囊剂,两周喷洒一次,前后共3次,在处理区,诱捕器仅诱捕到极少数蛾子,经检查其下一代幼虫的发生数量也明显下降。

三、信息素释放技术

采用交配干扰技术防治害虫，需要在田间撒布合成的信息素，并要求在一定时间内使信息素的气味，在田间保持有效的浓度。这就要求有一种持久而稳定的释放信息素载体和使用方便的技术。目前最有希望的剂型有美国海尔康公司的塑料夹片、康莱尔公司的空芯纤维和英国帝国化学公司的微型胶囊^[7,8,9]。这些剂型使用时要加入一种粘胶，用飞机、背负式喷雾器喷洒或手工涂布在植株上，载体中的信息素不断释放出来，就能达到扰乱雌雄虫交配前信息联系。根据国内外的研究，目前有两种释放信息素的方式，一是宽距离释放技术，二是近距离释放技术。

宽距离释放技术 宽距离信息素释放技术，是在田间设置以相当高的速率释放信息素的挥发器，挥发器的间距可以由几公尺宽到1公里，使信息素在空间保持一定的有效浓度。高速率释放信息素的挥发器有金属碟（1毫克/夜），聚乙烯毛细管束（10毫克/公顷/小时）、凝胶瓶（1.2毫克/每瓶/小时）、高速率贮存器（20—25毫克/公顷/夜）等。当信息素释放速率恒定时，释放器的间距长短对雄蛾的定向率有一定影响。例如在棉红铃虫防治试验中，使用“海克”引诱剂，当挥发器以每夜20毫克/公顷的剂量释放时，挥发器的间距为30米，雄蛾定向抑制率达90%以上，当间距增加到40米时，则雄蛾定向抑制效果差些，超过70米时则无效。用金属碟挥发器以每夜1毫克剂量释放红带卷叶蛾信息素时，间距超过30米后就失去扰乱雄蛾的定向作用。又如在0.4公顷葡萄园内使用114个金属碟挥发器对葡萄小食心虫和红带卷叶蛾两种虫进行扰乱交配试验，其中57个金属碟放葡萄小食心虫信息素，另57个金属碟放红带卷叶蛾信息素。试验表明这两种虫的雄蛾都失去了对雌蛾的定向作用。在澳大利亚

使用一种含50毫克顺-8-十二碳烯醇醋酸酯的聚乙烯管挥发器来防治梨小食心虫。当用量为每棵树挂2根管时，雄蛾向诱捕器的定向数减少了95%，而每棵树挂1根时，定向抑制率为90%以上。如用量为2棵树一根时，抑制率仅达70%，如果每棵树的悬挂数增加到4根时，才能控制危害。

近距离释放技术 近距离释放技术是在处理区内密布大量小型释放器，间距范围在数厘米间。这类释放器包括软木颗粒、康莱尔空芯纤维、海尔康塑料夹片及微型胶囊等剂型，它们以较低的释放速率持续地释放信息素。例如采用浸渍过信息素的软木颗粒撒布于田间的方式来防治舞毒蛾，剂量为每公顷7.5克和25克，舞毒蛾的交配率由对照81.3%下降到58.3%和35%。后改用直径为100~300微米的微型胶囊，加入增稠剂和粘胶后，掺水喷洒于作物，让信息素以一定的速率释放出来，每公顷喷洒2—5克“舞毒蛾信息素”微型胶囊，在6—8个星期内使雄蛾的定向受到了抑制。如剂量增加到15克/公顷，可使交配率显著下降，危害减轻。在埃及用红铃虫性信息素的微型胶囊或空芯纤维，剂量每公顷分别为20克、22.4克处理棉田，可使雄蛾对雌蛾的定向率减少97%以上，并保持四周的效果。

四、释放技术中的几个问题

信息素弥散于大气中扰乱雌雄虫之间交配通讯联系，常受挥发器设置、信息素释放速率、风速和虫口密度等因素的影响。

挥发器的设置高度 信息素挥发器的设置高度，对昆虫雌雄的交配通讯联系的扰乱作用有明显的影晌^[10]。如棉红铃虫的交配行为通常发生于棉株顶部，因此挥发器的位置高度以与棉株顶部高度一致时效果最好。斜纹夜蛾的试验也证明，在相同剂量下挥发器的位置离地0.1米和2米时，对雌蛾的交配抑制率分别为40%和2.7%；而当挥发

器位置放置高度接近雌雄蛾交配活动的高度1米时,交配抑制率可达74.3%。如果在每头雌蛾的翅上滴以50微克的信息素时,交配抑制率达93%。因此要有效地扰乱昆虫两性间的交配通讯联系,必须了解试验对象的飞翔和交配习性,才能使信息素发挥正常作用。

风速^[10,11]信息素分子在生态环境中的均匀扩散受风力的影响较大,风力过大或过小都会影响它的扩散范围。由斜纹夜蛾的试验发现,当夜间风速在1.2米/秒而信息素挥发器放置在试验区的中心地带,则田间未发生交配的雌蛾大部份集中在挥发器的下风区,交配抑制的有效范围宽9米,最大不超过15米;当风速在1.6米/秒时,对雌蛾的交配抑制范围更大,可达24米;对照区未发生交配的雌蛾分布比较均匀。当风速在0.9米/秒时,交配抑制的范围就小,风速低于1米/秒时由于信息素分子明显的“沉降”,使有效范围受到影响。

挥发器设置密度^[12] 采用宽距离释放技术能否达到扰乱雌雄蛾交配通讯联系,主要取决于挥发器释放到田间空气中有效浓度是多少,而与挥发器间的间隔距离关系不大。只要田间充满信息素气味并达到有效浓度,就能使雄蛾的定向作用受干扰。

粉纹夜蛾的田间试验表明,当挥发器的间距宽至400米时,信息素的释放速率为 4×10^4 微米/小时,雌雄蛾间的交配通讯联系的干扰效果达95%;这和挥发器间隔为1米而信息素的释放速率为0.2微克/小时的干扰效果几乎相同。当释放速率为7微克/公顷/小时,间距为100米时,几乎没有定向干扰作用。梨小食心虫的田间试验也证实了这一点,当信息素释放速率为25微克/小时,每50平方米放置一个挥发器和400平方米放置一个释放速率为200微克/小时的挥发器,两者的雄蛾定向干扰作用也基本相同。

尽管如此,挥发器的间隔距离也不能无限地扩大,因为信息素分子在空气中的传播

和扩散受气流和植被等因素的影响,有时气候因素的变化很易导致某些区域的信息素浓度过低或甚至没有信息素到达。因此,目前一般主张采用比较密集的近距离方式设置释放器。

虫口密度^[10,13] 无论采用宽距离释放技术或近距离释放技术,田间的虫口密度对防治效果的影响最大。例如在60立方英尺的培养箱内放置12对或13对玉米螟,当箱内挥发9.1毫克的玉米螟信息素后,经解剖雌蛾精包并未发现交配,如在箱内放置52对或103对时,则发现有9~18%的雌蛾发生交配。实验说明在虫口密度过高时,即使信息素达到有效浓度还是会有一定数量的雌蛾发生交配的。又中国科学院上海昆虫研究所曾在第一代棉铃铃虫密度较低的情况下采用三种不同剂量的红铃虫性信息素处理,结果雌蛾交配率比对照区都有下降,但到发蛾中后期,由于田间蛾量骤增,使用信息素的效果不甚显著,尽管雄蛾的定向抑制率仍高达94.8~99.2%,但交配下降率仅为0.2~1.7%,和对照区相比无明显的变化。斜纹夜蛾在9月中旬至10月时虫口密度较高,使用信息素处理后交配抑制率并不高,而在其它季节由于虫口密度较低,则用信息素处理后的交配抑制率都可超过80%。用印度谷螟进行的试验表明,每平方米放印度谷螟一对,信息素释放速率为 4×10^4 毫克/小时/1000平方米时,交配率下降了60%。当虫口密度下降到每平方米0.1对时,释放速率为1毫克/小时/1000平方米,交配率就下降了96%。

从上述几个例子可以看出虫口密度对使用信息素防治害虫有明显的影晌,一般当田间虫口密度过高时,必须使用杀虫剂进行预先处理,方能取得较好效果。然而,Doane等对舞毒蛾高、中、低三种不同虫口密度的田间防治试验表明,即使在高密度虫口区,事先未经化学杀虫剂处理直接使用信息素,同样能达到减轻危害目的。

五、防治效果的评价和计算方法

昆虫性信息素已作为一种特殊的“杀虫”剂问世。但是它与一般的化学杀虫剂的灭虫机理截然不同，它不能直接杀死害虫，而是扰乱雌雄蛾的交配前性信息联系，使雄蛾无法找到雌蛾进行交配繁殖后代，从而达到控制害虫繁殖的目的。因此，信息素防治效果的评价应有别于化学杀虫剂，似可包括以下几个方面：

雌蛾交配率检查 由于处理区和对照区栽培措施、管理水平和原有虫口基数等不同，因此难以单从作物的产量和质量来评价防治效果。为了减少这种差异，用捕捉处理区和对照区的雌蛾，解剖精包检查交配率，进行防治效果的比较似乎比较客观。但是要在田间直接观察雌蛾交配情况是十分困难的，一般采用黑光灯或捕虫网等方法捕捉处理区和对照区的雌蛾，然后在双筒解剖镜下检查雌蛾精包，确定雌蛾的交配次数并换算成交配抑制率。也有将未交配雌蛾先用少量乙醚麻醉后，用胶水在其翅上粘一根细尼龙线，待苏醒后结札在固定的竹竿或作物上，以确定雌蛾交配情况^[10,14]。雌蛾结札的高度和两个雌蛾间隔距离要视各种虫子的交尾习性而定。例如斜纹夜蛾、梨小食心虫和杨树透翅蛾防治效果的评价就是采用这一方法。但是这种方法的缺点是，结札的雌蛾容易被蚂蚁、蜘蛛等天敌捕食。美国阿尔巴尼国际公司在考核红铃虫防治效果时，将1米见方木制交配台置于棉田中，塑料管穿过底板，管内装水并插入棉株，每台放8头未交配去翅雌蛾，第二天早晨取回检查精包数。上海昆虫所设计一种开放式雌蛾交配测定法^[15]，它是在铝盆中央放一只插有2—3枝棉株梢的小瓶，瓶内装水和黄沙，以防嫩枝枯萎或摇动，瓶子周围用黄沙填满盆内棉株用直径17厘米高28厘米罩子罩住。傍晚从罩

顶小孔放入雌蛾，每盆6—8头羽化3—6天未交配雌蛾。放入后小孔用棉花塞住，以防雌蛾逃逸。于夜间1:00放入棉田，2:00打开罩子，此时大部雌蛾停留在棉叶上不动，等待交配。到3:00重新罩上罩子取回待检查精包数。这种方法与剪翅、缚翅相比，操作方便，不损伤雌蛾，能客观地反映田间蛾子实际交配情况。交配抑制率可按下列公式计算^[10]：

$$\text{交配抑制率}(\%) = \left(1 - \frac{\text{处理区雌蛾交配率}}{\text{对照区雌蛾交配率}}\right) \times 100$$

定向抑制率 人为地释放合成性信息素，可破坏雌雄蛾交配前性信息联系，使雌蛾迷失寻找雌蛾的方向。因此在处理区和对照区各设置几个未交配过的活雌蛾或合成的性信息素粘胶或水盆诱捕器，以检查处理区诱捕器诱蛾数的下降率，作为雌雄蛾性信息联系的破坏程度，又称定向抑制率。定向抑制率可按下列公式计算^[16]：

$$\text{定向抑制率}(\%) = \left(1 - \frac{\text{处理区诱蛾数}}{\text{对照区诱蛾数}}\right) \times 100$$

但是必须指出，不少田间试验表明尽管有时定向抑制率高达98%，但田间实际交配抑制率却未明显下降。这可能是诱蛾数的下降，仅仅反映雌蛾对雌蛾释放的性信息素的长距离定向能力的减弱。而在近距离范围内，付次成份或视觉等因子可能起着更重要的作用。例如上海昆虫研究所等用红铃虫性信息素进行迷向试验时，发现雄蛾对诱捕器的定向率高达98—100%，然而交配率仍相当高，所以定向抑制率只能作为参考指标。

子代幼虫数 诱杀法或迷向法都是减少雌雄蛾交配率。F一代幼虫数或卵块数的减少，能反映实际防治效果。因此检查卵块数或授精数可作为防治效果考核的一个重要指标。

天敌种类和数量动态变化 信息素是一种对人畜无毒的“灭虫”药，它不会引起害虫抗药性和环境污染，信息素处理区由于减

少化学杀虫剂使用后, 有助于天敌和有益生物的繁殖, 充分发挥有益的寄生性和捕食性天敌来抑制多种害虫。因此, 处理区和对照区天敌种类和数量动态的变化应纳入评价防治效果的重要指标之一。

杀虫剂用量和次数 使用信息素可减少常规化学杀虫剂用量, 推迟杀虫剂使用时

间, 起到保护天敌的作用。因此处理区和对照区杀虫剂使用时间、次数和用量的比较也是一个不容忽视的指标。

当然使用信息素后还会引起其它生态效应的变化, 如农药在作物、土壤中的残留动态, 害虫抗性变化, 因此从环境保护的观点出发, 这些影响也应引起注意。

pp. Ibid.

参 考 文 献

1. Kydonieus, A. F. and M. Beroza. 1982. Pheromone and Their Use. 3-13 pp. In "Insect Suppression with Control Release Pheromone Systems" Vol. I eds. Kydonieus, A. F. et al. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
2. Hardee, D. D. 1982. Mass Trapping and Trap Cropping of the Boll, *Anthonomus grandis* Boheman. 65-74 pp. Ibid. Vol. II.
3. Anonymous. 1982. Double Trouble for Pink Bollworms. Agrichemical Age/May.
4. Roelofs, W. L. et al. 1970. Sex Pheromone Trapping for Redbanded Leaf-roller Control, Theoretical and Actual. J. Econ. Ent. 63: 1162-7.
5. Shorey, H. H. 1977. Manipulation of Insect Pests of Agricultural Crops. 353-67 pp. In "Chemical Control of Insect Behavior Theory and Application". eds. H. H. Shorey & J. McKelvey, Jr. A. Wiley Interscience Publication.
6. Albany Internal Co. 1981. Pheromone and Controlled Release Technology Technical Seminar. Changhai.
7. Quisumbing, A. R. and F. Kydonieus. 1982. Laminated Structure Dispensers. 213-36 pp. In "Insect Suppression with Control Release Pheromone Systems", Vol. I. eds. Kydonieus, A. F. et al. CRC Press, Inc., Boca. Raton. Florida.
8. Anhare, M. et al. 1982. Controlled Release from Hollow Fibers. 237-45 pp. Ibid.
9. Hall, D. R. et al. 1982. Development of Microencapsulated Pheromone Formulations. 132-43 pp. In "American Chemical Society Report."
10. Oyama, M. 1977. Mating Suppression of *Spodoptera litura* (F.) by (Z, E)-9, 12-Tetradecadienyl Acetate. Appl. Ent. Zool. 12: 281-6.
11. Nakamura, K. 1976. The Effect of wind Velocity on the Diffusion of *Spodoptera litura* (F.) Sex Pheromone. Appl. Ent. Zool. 11: 312-9.
12. McLaughlin, J. R. et al. 1972. Sex Pheromones of Lepidoptera. 31. Disruption of Sex Pheromone Communication in *Pectinophora gossypiella* with Hexalure. Environ. Ent. 1: 645-50.
13. Klun, J. A. and J. F. Robinson. 1970. Inhibition of European Corn Borer Mating by cis-11-Tetradecenyl Acetate, a Borer Sex Stimulation. J. Econ. Ent. 63: 1281-3.
14. Yushima, T. et. al. 1975. Suppression of Mating of the Armyworm moth, *Spodoptera litura* (F.), by a Component of Its Pheromone. Appl. Ent. Zool. 10: 237-9.
15. 李文谷等, 1981, 田间测定红铃虫雌蛾交配率的方法, 《昆虫学研究集刊》, 2: 21-26.
16. Carde, R. T. et al. 1978. Disruption of Sexual Communication in *Laspeyresia pomonella* (Codlingmoth), *Grapholitha molesta* (Oriental fruit moth) and *G. prunivora* (Lesser appleworm) with Hollow Fiber Attractant Sources. Ent. Exp. Appl. 22: 280-8.

苏云金杆菌制剂的工业化

费成煜

(湖南省微生物研究所)

确定苏云金杆菌生产品种的标准制剂、建立方便、正确的生测方法是实行苏云金杆菌工业标准化的二个重要方面。

本文从我国苏云金杆菌生产的现状加以阐述,提出了一整套切实可行的苏云金杆菌工业标准化的方法,为稳定产品质量、改革生产工艺有一定的作用。

前言

苏云金杆菌制剂的生产和应用在我国已近三十年了。现在生产的主要品种有:HD-1、UV-17松毛虫、青虫菌、7216四种菌剂。

由于我国苏云金杆菌杀虫剂工业标准化的研究一直落后于生产和应用的需要,所以杀虫菌剂只能采用每克菌粉含100亿活孢子为合格产品。这样生产单位往往把菌数高低作为选种和产品质量好坏的唯一标准。

但是苏云金杆菌制剂单以活孢子数来表示质量的好坏是不妥当的。美国早期的苏云金杆菌制剂,就因质量不稳定而影响了产品在用户中的信誉。现在国际上早已采用毒力单位来表示产品质量,产量逐年增加,而国内,十多年来苏云金杆菌制剂的生产和应用一直处于徘徊不前的状态,所以认真研究和大胆试行杀虫菌剂工业化已是刻不容缓的了。

产品生测标准化

国内外大量资料表明:苏云金杆菌杀虫剂的毒性成分复杂,杀虫的主要成分是伴孢晶体,而不是芽孢。对家蚕、稻纵卷叶螟等1型害虫来讲:伴孢对它们是完全没有毒效的成分。现在采用的活孢子计数,既不能表

示产品的晶体数量,更不能表示晶体的质量。由于苏云金杆菌晶体的毒素成分复杂,有人报道一种晶体具有五种毒性成分,并有不同毒性的晶体状态和晶体型,所以国外曾经介绍的:血清测定法、化学测定法、晶体计数法、火箭免疫电泳法、昆虫细胞组织测定法都很难正确反应产品的毒效,目前唯一可靠的方法只能是生物测定了。

早在1966年,国际上就确定了以生物测定为苏云金杆菌杀虫剂的主要质量标准,并指定法国 E_{61} 为1000IU/mg的标准菌粉,标准试虫为地中海粉蛾。由于法国标准菌粉数量有限,所以各国均准备了自己的标准品。在美国,以防治的主要害虫粉纹夜蛾为标准试虫,HD-1-S-1971菌粉定为标准菌粉,经过和 E_{61} 菌粉反复比较,定为18000IU/mg,对粉纹夜蛾而言毒效是 E_{61} 的18倍。因二种菌粉是不同血清型变种的产品,按理是不能互相比较的。不同变种的产品只能和同变种的标准品作比较,此时相比较的制剂具有相同的毒素成分,无论采用哪种昆虫作测试昆虫,将有固定的毒效比值。所以生物测定的关键:不是哪一种昆虫作测试昆虫,而是必须同类制剂才能相互比较。国际上曾用于苏云金杆菌生测昆虫还有以下多种:家蚕、小菜蛾、大蜡螟、大菜粉蝶、美国白蛾等,由于这些昆虫在饲养或测定方面存在的问题,或受植物检疫的限制,难被世界各国统一接受。

我们无法搬抄国外的生测方法,再加上目前国内各生产工厂都还缺必要的半无菌的养虫设备条件,所以最简单的方法是以初孵蚁蚕为生虫种,将国内生产的主要品种,各订一批为标准品,供全国各生产工厂统一使用。这方法的优点是不需要人工饲养昆虫,即能全年得到生态比较一致的标准试虫。但是使用这一方法必须注意:不同苏云金杆菌变种制剂对家蚕和目标害虫的毒力无正相关性存在。蚁蚕测定仅能用于同制剂的相互比较。

初孵蚁蚕的生物测定法

1977年中山大学生物系昆虫教研室提出了以初孵蚁蚕作为苏云金杆菌类杀虫剂生测昆虫,因当时采用的一张张卵片,所以无法避免蚕蛾产卵之间存在的生理差异,这样给测定造成了较大的误差,一直没被生产单位采用。我们根据多年实践,提出以家蚕散卵代替卵片的一系列改进方法,克服了卵片间存在生理差异,不仅操作方便,而且可靠并有较大的提高。因此把散卵测定法定为我单位生产中日常的测定方法。

标准菌粉和产品的工业标准化

为了使每批产品有一个共同的毒力标准,我们将HD-1-1980, V-171980、7216-1978分别定为该菌株的标准品,生物效价为1000v/mg。并采用蚁蚕散卵测定,将每批产品分别和各自的标品进行比较,测出每批产品的生物毒力单位。同时还须注意以下几点:

一、标准菌粉并非苏云金杆菌制剂中毒力最高的产品,生产工艺条件也是最佳的。目前我们在产品的质量和生产工艺条件上都有较大的改进,因此无任何复制的必要和复制成功的可能。作为标准品的理由仅仅是存放

日已有两年,菌数和杀虫毒力比较稳定,产品的可湿性比一般烘干产品好,并且做过一系列生物测定和大田药效试验,对多种害虫均有不同程度的毒杀作用,因此作为生物测定的标准品。

二、每批产品出厂都必需经过严格的家蚕生物测定,与标准品比较后,计算出每批产品的毒力单位,合格后才能出厂。

三、苏云金杆菌粉剂的有效期为二年,根据目前产品的情况来看,二年之中杀虫毒力会有明显下降,因此出厂产品要求高出出厂标准的10%。例如规格为1000v/mg的产品,出厂时要求为1100v/mg以上。

四、苏云金杆菌标准品需置冰箱、干燥、避光保存,这样毒效才能保持稳定。

五、每批出厂产品必需标明:菌种、批号、出厂日期、毒力单位和使用说明。

生物统计

生物测定得到的数据,经过生物统计,求出半致死剂量,才能得出待测样品的相对毒力指数。其公式为:

$$\text{相对毒力指数} = \frac{LC_{50} \text{标准品}}{LC_{50} \text{待测品}} \times \text{标准品效价 } v/ms$$

现在计算半致死剂量已有很多方法,但简单、方便、又不失其精度的统计方法,对从事生测的工作者来讲特别重要,需要认真研究。

根据我们的实践,被公认为最可靠的概率单位去计算过分繁琐,而图解法又容易产生主观偏差,最简单的方法是直线回归法。该法的好处是计算速度快,如有电子计算机(最好是SHARPEL-5002型),一分钟就能算出半致死剂量。对微生物杀虫剂来讲,D值一般不高,而且是求半致死剂量,所以生产单位采用直线回归法能够得到可靠的结果。

在特殊需要的场合,还可以采用较为简单的加权近似法,其计算结果和概率单位法

近似。

如果生物测定时，虫龄较大，空白对照组也不容易自然死亡，则可以固定每组试虫数，采用移动平均法，这样机率都不需换算，就能迅速算出半致死剂量。

结 论

苏云金杆菌杀虫剂工业化是关系到该产品成败的技术关键，已成为亟待解决的问题。

现在使用的活孢子数，或者晶体数都不能全面反映产品的质量。具有相同芽孢或晶体数量的不同菌株的产品，对不同害虫的毒性会有很大的差异，甚至同样工艺条件生产的同类产品、毒性也可能有很大差异。这正象抗生素发酵那样，菌丝生长旺盛，但分泌

的代谢产物未必会都一样。所以现在提出的一系列生物测定，虽不完善，但仍有执行的必要。

但是需要指出：不同菌种对蚁蚕和各种目标害虫的毒力并不存在正相关性，正如各种抗生素有不同的抗生谱一样，每种苏云金杆菌制剂均有各自的杀虫谱。因此采用蚁蚕测定时必需注意不能搞错菌种，凡新分离的菌种必需保证与标准品的同一性，才能互相比较。

现在国内二化螟、玉米螟、小菜蛾、棉铃虫等主要害虫已能全年人工饲养，所以各生产单位都应该在蚁蚕测定的基础上，逐步扩大生测虫种，用对象害虫进行苏云金杆菌的选育，只有这样苏云金杆菌杀虫剂才会有广阔的发展前途。(参考文献略)