

杀虫药剂的毒力测定

原理·方法·应用

张宗炳 编著

科学出版社

杀虫药剂的毒力测定

原理·方法·应用

张宗炳 编著

内 容 简 介

本书介绍了杀虫药剂毒力测定的基本原理以及各种方法：微量点滴法、微量注射法、浸液法、喷雾法、喷粉法、药膜法等等，以及各种特殊用途（防护剂、不育剂、拒食剂、驱避剂、引诱剂等）的毒力测定方法；对于各种方法应用的仪器、设置、要求条件及具体操作等作了介绍及比较，并介绍了对毒力测定的结果的统计分析。对于生物测定及昆虫抗药性测定也介绍了具体应用的毒力测定法。本书适用于一般杀虫药剂研究工作者、植保工作者及昆虫毒理学工作者，也可以作为大专院校昆虫等专业的参考书。

杀虫药剂的毒力测定

原理·方法·应用

张宗炳 编著

责任编辑 倪健生 何伟华

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1988年7月第一版	开本：787×1092 1/32
1988年7月第一次印刷	印张：15 5/8
印数：0001—2,300	字数：355,000

ISBN 7-03-000373-X/Q·69

定价：5.90元

前 言

我国杀虫药剂事业的发展速度，在近十几年来可谓是惊人的。我们不但能生产大量的有效杀虫药剂，而且还增加了许多新种类，现在已经开始自己创制、合成及筛选有效的杀虫药剂。很多单位合成了一系列的新化合物，有目的地在探索新杀虫剂、杀螨剂、杀卵剂等等。所有这些必然导致杀虫药剂毒力测定工作的发展，因为这是筛选新杀虫药剂以及研究已肯定有效的杀虫药剂对特殊害虫的毒效的必需方法。

杀虫药剂毒力测定是农药检测工作的一部分，也是杀虫药剂研究、植物保护和昆虫毒理学研究的一个基本部分。因为不论是研究田间防治效果，还是研究毒杀机制以及探索新杀虫药剂，都首先必须确定这种化合物或杀虫药剂的毒性程度。为此必须娴熟掌握毒力测定的各种方法，准确地确定杀虫药剂的毒性。

本书以介绍毒力测定为主，兼涉及一些有关生物测定及抗性测定的讨论，因为基本上这些方法是一样的，只是测定的目的不同。在本书第一章已说明了这一点，并且介绍了一些基本概念，第二章及第三章叙述毒力测定中用标准饲养昆虫及控制环境条件的重要性。由第四章至第十七章介绍各种杀虫药剂的毒力测定方法。第十八章介绍毒力测定结果的统计分析。第十九章讨论杀虫药剂合用时的毒力测定及分析。第二十章介绍几种昆虫的抗性测定的标准方法，这是十分有用的。第二十一章讨论生物测定。第二十二章介绍测定杀虫药剂对植物药害及对动物毒害的测定法。书末附有三个附录，

一个介绍在毒力测定中常用试验昆虫的多种饲养方法，另一个介绍筛选工作的意见，最后是度量衡换算表。

毒力测定这门学科是在本世纪 30 年代中形成的，最早出现的是各种精确喷雾法及喷粉法，接着是熏蒸剂的测定法。40 年代 DDT 等新杀虫药剂出现了，它们的毒性比以前的杀虫药剂大为提高，因而相应地出现了微量滴加法，接触法，浸液法等；随着内吸杀虫剂、动物内疗剂、防护剂、驱避剂、引诱剂等一一出现，因而又相应地出现了适应于这些药剂的测定方法。本书介绍的都是一些最常用而比较准确的方法，每章的叙述也不只是一个详尽的综述，而是尽量从实际应用的目的出发，介绍一些操作过程及应注意的事项。有些新的、较机械化的、但更为复杂的方法只是提供文献来源，反而不作详细叙述。读者如需要知道时，可以查原文献。每章后面还列了一些必要的文献，可供读者进一步参考。

除了第十八章及第十九章需要一些初步的统计知识之外，全书是容易读懂的，对于一般植物保护人员，应该没有困难。就是第十八及第十九两章，如看了书内的举例，并按照书内的方法进行毒力测定的统计分析，也应该是没有困难的。

30 年前（1957 年）作者曾写过一本小册子，也叫《杀虫药剂的毒力测定》，到 1965 年已经印了四版，达 2 万册；并且因此收到了许多读者来信，问起了更详尽的方法及文献来源。30 年来，目睹在这方面的工作的迅速发展以及这样一本书的需要，因此决心再写一本更实用而较为详尽的书。这本书就是在这一推动下写成的，希望能够完成它的使命。

这本书是 1967 年动手写的，那时正是“文化大革命”，写成后，稿子即被抄去。1985 年重新找到，但已残缺不全。1978 年 Busvine 的《杀虫药剂的测定》第二版问世，我根据他的书把全稿增改了一遍，然后查了 1978—1984 年三部杂志 (Annal

of Applied Biology, Journal of Economic Entomology, Bulletin of Entomological Research) 上有关这方面的文献加了进去。但是,整个说来,这本书中的文献多数为 1970 年以前的,因为杀虫药剂毒力测定的方法到了 1970 年已经基本定形,完全标准化了,以后改进较少。例如,接触毒力测定总是用微量滴加法、药膜法及 Potter 塔喷雾,以后没有什么新的方法。

最后,由于本书中所引文献多数系英美国家的工作,如 Potter, Tatterfield, Busvine 等为英国科研工作者,Shepard, Metcalf, Casida 等人为美国科研工作者,他们文中所用的度量衡均为英美制。改为公制有两点不便:(1)不成为整数,不便于记忆;(2)将来对照原文献时不易比较。为此在本书中,对于所用英美度量衡不予改折为公制,而在书后加一附录,必要时读者可以自行折算。本书的第十八章中有关应用电子计算机来测定毒力的方法是由北京大学胡定国及罗静初二位同志所写,附录 I 是杨伶美同志所写。

由于作者的水平有限,有些方法并没有亲自操作过,介绍得就不够详尽,书中还可能还有其他错误及遗漏处,希望读者予以指正,以便将来如有再版时加以更正。

张宗炳

1986 年 1 月 25 日,北京

目 录

前言

第一章 杀虫药剂毒力测定的原理	1
一、毒力测定 VS 田间防治试验	1
二、毒性与毒效	4
三、毒性对昆虫的特殊性	4
四、常用试验昆虫	5
五、毒力或毒性程度的表示法——致死中量 (LD_{50})	6
六、杀虫药剂毒力测定的基本数据	7
七、毒力测定的标准化	10
第二章 毒力测定的试验昆虫	15
一、发育阶段	16
二、性别与生殖	25
三、生理因素	28
四、种群的异质性	33
第三章 环境条件对于毒力测定的影响	39
一、温度	39
二、湿度与水分	45
三、光照	48
四、营养与饥饿	49
五、虫口密度	52
六、其他应标准化的环境因素	53
七、总结	53
八、毒力测定对杀虫药剂的要求	55
第四章 微量滴加法及微量注射法	59
一、利用螺旋推动千分尺的微量滴加法与微量注射法	60
二、用毛细管制的微量滴加器及微量注射器	72
三、用小环、针尖等的沾药滴加法	77

四、其他辅助性装置	78
五、微量注射法与微量滴加法的比较	80
第五章 浸液法	85
一、水生昆虫的浸液测定法	88
二、对于陆生昆虫的浸液测定法	92
三、杀卵剂及杀虱剂的浸液测定	102
四、几点应注意的事项	104
第六章 精确喷雾法	110
一、雾滴形成的方法和原理	110
二、雾滴大小的测定	112
三、各种喷雾器及其应用	114
四、喷雾室及气雾的毒力测定	139
五、对喷雾法(特别是气雾)的影响因素及应注意事项	149
六、喷雾法的其他应用	152
第七章 精确喷粉法	156
一、粉剂颗粒大小及其他物理因素对杀虫药剂毒性的影响	157
二、各种精确喷粉器及其使用法	162
三、单位面积上的喷粉量的测定	172
四、喷粉方法应注意事项	173
第八章 饲喂法与饲饮法(及口腔注射法)	176
一、食叶害虫的饲喂测定法	176
二、处理食物的饲喂法	184
三、昆虫生长调节剂	189
四、毒饵的毒力测定法	191
五、对蛀果昆虫的毒力测定法	192
六、饲饮法	194
七、口腔注射	198
第九章 接触处理法	203
一、各种影响因素	203

二、形成药膜的方法	207
三、使昆虫接触处理表面的方法	212
第十章 熏蒸剂的测定法	220
一、气体杀虫药剂的一些物理性质与毒力测定的关系	221
二、熏蒸剂的测定仪器及操作法	224
三、土壤熏蒸	246
四、真空熏蒸	246
五、熏蒸法的其他应用	247
第十一章 引诱剂的测定法	250
一、引诱剂的发现与初步筛选	251
二、嗅觉计及其应用	254
三、引诱剂的其他测定法	265
第十二章 驱避剂的测定方法	268
一、不涉及人畜的驱避剂的测定法	268
二、利用人畜引诱的驱避剂测定法	273
三、关于驱避剂测定法的一般讨论	280
四、拒食剂的测定法	283
第十三章 昆虫不育性药剂的测定法	287
一、口服处理	287
二、滴加处理	290
三、微量注射	291
四、浸液法	292
五、药膜接触法	293
六、喷雾、喷粉及气雾法	294
七、熏蒸法及真空熏蒸法	294
八、低压蒸馏法	297
九、不育性药剂的效果的表示及应注意事项	297
第十四章 植物内吸剂的测定法	301
一、杀虫药剂由根部吸收的方法	301
二、杀虫药剂由叶面吸收的方法	303

三、茎部的内吸法	304
四、内吸杀虫药剂的种子吸收法	305
五、内吸杀虫药剂的毒力测定法	306
六、区分内吸作用与毛细管作用的方法	311
第十五章 动物内疗剂的测定法	313
一、动物内疗剂的几种标准测定法	314
二、用人工膜(动物膜)的测定法	323
第十六章 土壤杀虫剂的测定法	327
一、拌土的土壤杀虫药剂的毒力测定	328
二、各种拌土方式及测定方法	329
三、土壤熏蒸剂的毒力测定	334
四、灌溉的土壤杀虫药剂的毒力测定	336
第十七章 防护剂的测定法	339
一、纺织品保护剂的毒力测定	339
二、粮食包装物的保护剂的毒力测定	350
第十八章 杀虫药剂毒力测定的统计分析	359
一、传统的杀虫药剂毒力测定的统计分析	359
二、用电子计算机的杀虫药剂毒力测定的分析方法	378
第十九章 两种杀虫药剂合用的试验设计及统计分析	393
一、增效作用与颉颃作用	393
二、杀虫药剂合用情况的分类	394
三、测定增效(或颉颃)作用的实验设计	395
四、两种杀虫药剂合用的毒力测定的统计分析	400
第二十章 几种昆虫抗性测定的标准方法	414
一、蚊子幼虫的抗性测定法(WHO 方法)	415
二、蚊子成虫的抗性测定法(WHO 方法, 1958)	419
三、家蝇成虫的抗性测定法	426
四、蜚蠊的抗性测定法	430
五、臭虫的抗性测定法	433
六、体虱的抗性测定法	435

七、其他昆虫的抗性测定法	438
第二十一章 毒力测定与生物测定	441
一、残余量的微量测定	441
二、灵敏度问题与特殊性问题	443
三、生物测定所用的方法及昆虫的选择	445
四、标准杀虫药剂的毒力曲线	447
五、有关生物测定的其他方面	449
第二十二章 杀虫药剂对植物的药害及对动物的毒害 的测定法	452
一、杀虫药剂对植物药害的测定法	452
二、杀虫药剂对动物毒害的测定法	460
附录 I 常用实验昆虫的饲养	464
附录 II 新农药的筛选技术	480
附录 III 度量衡换算表	486

第一章 杀虫药剂毒力测定的原理

杀虫药剂毒力测定不同于杀虫药剂的生物测定,也不同于杀虫药剂的田间防治试验。杀虫药剂毒力测定的目的是为了要知道某一种杀虫药剂对某一种害虫的毒性程度如何,或比较几种杀虫药剂对某一种昆虫的毒力程度的差别,因此它是做为衡量一种杀虫药剂(对某种昆虫)的毒力的。杀虫药剂的生物测定是已经知道了某一种杀虫药剂对某一种昆虫的毒力,因而根据这种昆虫对这杀虫药剂的反应来测定该杀虫药剂的存在与否或量的多少。所以虽然有时候他们所用的方法完全相同,但是目的是完全不同的。

一、毒力测定 VS 田间防治试验

杀虫药剂的田间防治试验也不同于杀虫药剂的毒力测定,因为后者是衡量杀虫药剂(对某种昆虫)的毒性程度,而前者是考虑该杀虫药剂在实际田间施用中对某种昆虫的防治效果的。防治效果与毒性程度是有关联的,但是它们并不完全相同。显然毒性程度越高,防治的效果应该越大。但是也必须指出,确有这种情况存在,即某一杀虫药剂对某一昆虫在毒力测定中毒性很高,而在实际田间防治中效果并不好。这里有些原因已经知道,也有些还不曾阐明。主要的原因是环境因素引起了改变,例如在高温下 DDT 的毒效降低,666 在某些情况下易于挥发消失等等;有些情况迄今不明,如 E 605 在室内毒力测定对粘虫的毒效很高,但在田间使用时甚至还不

如 666。

因此，决不能把杀虫药剂的毒力测定与杀虫药剂的田间防治试验混为一谈。二者的目的是不一样的。为了测定毒性程度，为了提高测定的精确性，试验不但要求在室内进行，要求控制环境条件(温湿度、光照、营养等)，并且还要求用生理状态(性别、年龄、发育阶段等)一致的昆虫；因为只有这样才能找出杀虫药剂的剂量与昆虫对它的反应的关系，才能真正获得可靠的毒性指数(一般即致死中量 LD_{50})。相反地，在田间防治试验中，环境条件及昆虫生理状态几乎不在我们控制范围之内，而我们所要求的也是在这样变化的环境情况及昆虫生理状态的条件下获得最好防治效果的使用药量(以及使用方式，时间等)。假如，要在田间进行毒力测定，当然这并不是不可能的，但是引入的误差因素，如各种不同的环境条件，昆虫的不同生理状态、健康条件以及施药的均匀性等等，将使分析几乎成为不可能，甚至当用的昆虫数量十分多时，也只能得出一个参考数据。因此，不能把杀虫药剂的毒力测定与田间防治试验混为一谈，虽然毒力测定所得出的毒性指数往往对于田间防治用药量的一个极有用的参考。

近来，越来越多的室内毒力测定法模拟田间条件，使测定结果直接可用。许多田间测定法却趋向于控制环境条件，使其更为一致，减少误差。本书中只介绍室内毒力测定，对于田间测定，方法很多，不在本书范围之内，但本书中所引 1970—1984 年的许多室内测定都有这一趋势，即与田间测定比较接近。

毒力测定一般是在筛选测定之后，即初步决定其有毒性，然后用毒力测定的方法测定其毒性程度，而不是为了田间防治之用。为了田间防治，必须还进行田间测定，甚至半田间测定。即在毒力测定后，改变一种与田间情况相接近的环境条

件,然后进行田间测定。一个事例可举 Harris 等 (1978) 防治切根虫的工作,他们先用喷雾法 (Potter 精密喷雾塔) 对幼虫直接处理,这与田间情况完全不同,然后进行半田间试验,用田间湿砂土 (5% 湿度) 放入金属盘 ($42 \times 42 \times 10$ 厘米高),让切根虫钻入土中,一小时后,在土壤表面喷洒药剂 (用 450 升/公顷),提供食物。还做了一个用燕麦播种,用药剂喷洒在叶片上的半田间试验。这两个半田间试验测定之后,再进行田间试验。总之,在毒力测定之后,为了田间应用,可以作一参考,但一般尚需根据测定结果进行田间试验。

田间采集的昆虫与室内饲养的昆虫,毒力测定的结果有时可以十分不同。Boethel 和 Van Cleave (1972),用胡桃小卷叶蛾 (*Laspeyresia caryana*) 的田间采集的幼虫与室内饲养的幼虫比较,都用同样的滴加法,用谷硫磷、甲基对硫磷、久效磷、马拉硫磷及二嗪农测出的结果如下 (LD_{50} 微克/克)。

	田间采集的幼虫	室内饲养的幼虫
甲基对硫磷	6.55	17.74
谷硫磷	6.95	8.55
久效磷	27.46	44.30
马拉硫磷	65.02	122.94
二嗪农	162.29	132.54

对室内饲养的幼虫,谷硫磷毒效最高,而对于田间采集的幼虫,甲基对硫磷毒效最高。

用田间采集来的昆虫作为毒力测定的对象并不是完全不可行的。假如为了测定田间防治应该用的剂量,用田间采集来的昆虫也是可行的。为了防治金龟蚬, Pike 等 (1976, 1978) 就曾用田间采集的 *Phyllophaga anxia*, 这是因为这一类昆虫的生理差异较小,同时,使用的是较精确的微量滴加法。

二、毒性与毒效

毒性是指某一种杀虫药剂(对某种害虫)所具有的、内在的致死能力。而毒效是指该杀虫药剂的毒性在一定环境条件下所表现的杀死效果。所以, DDT 对某种昆虫的毒性可以在低温时表现出更大的毒效,而在高温时毒效降低。毒力是指毒性的一种数量表示,也即毒性程度。本书中所讲的大部分内容只涉及毒力测定,即毒性问题,虽然在讨论中也会涉及到各种环境因素及昆虫生理条件的影响,但是其目的是为了毒力测定达到更高的精确性,是为了了解这些因素所起的作用,因而在毒力测定中设法予以控制。生物测定将在最后一章中简略谈到,因为它的基本方法是与毒力测定一样的。

三、毒性对昆虫的特殊性

在以上的叙述中,可以看到在提到杀虫药剂的毒性或毒力时都加上一句“对某种昆虫”,因为同一杀虫药剂对于不同昆虫的毒性是不一样的。因此,要比较两种杀虫药剂的毒性,一定要用同样的昆虫为对象,否则就无法比较。对于粘虫、某些蜡象, DDT 的毒性大于 666;而对于蝗虫、蚜虫, 666 的毒性就大于 DDT。用蚊子幼虫作试验昆虫时, DDT 的毒性是很高的,但是假如用蚜虫、介壳虫、蝗虫、卷叶蛾幼虫等为试验昆虫时, DDT 的毒性就显然要低。为此,在说明某一杀虫药剂的毒性时必须同时指出其对象昆虫。但是,在实验室内,对于用新化合物作为杀虫药剂作毒性筛选时一般都是用家蝇或蚊子幼虫,当然对于有特殊用途的杀虫药剂,那就需用特殊的试验昆虫作为对象。

任何一种昆虫理论上都可以作为杀虫药剂毒力测定的试验对象。但是,由于田野间采集来的昆虫在生理状态上常常不尽一致,因而测定时误差增大。为此,在杀虫药剂毒力测定中一般都是用实验室内能大量饲养的昆虫。近许多年来,更多种类的昆虫都已在试验室内大量培育,因此毒力测定用的种类正在逐渐增多。

四、常用试验昆虫

最常用的种类有家蝇 (*Musca domestica*, 国内为 *M. d. vicina*), 蚊子及其幼虫(主要为埃及伊蚊 *Aedes aegypti*、*Culex pipiens*, 其他种类也可以用,国内常用 *Culex pipiens pallens*), 蜚蠊(包括德国蜚蠊 *Blattella germanica*, 东方蜚蠊 *Blatta orientalis* 及美洲蜚蠊 *Periplaneta americana*), 蚜虫(包括棉蚜 *Aphis gossypii*, 桃赤蚜 *Myzus persicae*, 黑豆蚜 *Aphis fabae*, 豌豆蚜 *Macrosiphum pisi* 等), 仓库害虫, 成虫及幼虫(包括杂拟谷盗 *Tribolium confusum*, 赤拟谷盗 *Tribolium castaneum*, 米象 *Calandra oryzae*, 谷象 *Calandra granarium*, 黄粉虫 *Tenebrio molitor* 等), 蜜蜂 (*Apis mellifera*) 工蜂成虫, 果蝇 (*Drosophila melanogaster*), 家蚕 (*Bombyx mori*) 一般用四龄幼虫, 红蜘蛛 (*Tetranychus telarius*, *Metatetranychus ulmi* 等)。

为了特殊目的的毒力测定, 可以用特殊的试验对象。例如, 做杀白蚊试验时用家白蚊; 测定对介壳虫的毒性, 可以用各种介壳虫; 测定对吸血蝇类的驱避作用, 可以用厩蝇 (*Stomoxys calcitrans*) 等。有些工作者甚至用过昆虫以外的其他动物, 如水蚤与剑水蚤, 沟虾; 对于鱼藤有人用过金鱼或柳条鱼。但这些测定, 多数不是为了毒力测定, 而是为了生物测定。

一种杀虫药剂对于不同昆虫的毒性不同, 同一杀虫药剂

对同一昆虫的不同性别、不同发育阶段的毒效也有很大的差异。多数杀虫药剂对于昆虫卵期都是无效的,即为一例;而有些杀卵剂对于昆虫成虫却完全没有毒性。这些问题在毒力测定中是十分重要的,它们将在下一章中详细叙述。

各种试验昆虫的饲养方法不在本书范围之内,书后附录中列了几十种最常用的、较简单的饲养法。

五、毒力或毒性程度的表示法—— 致死中量(LD₅₀)

毒力既是毒性程度,因此需要用—个数量表示才能说明或比较。常用的表示方式就是致死中量(写作 LD₅₀)。

首先必须说明,在生物学中刺激与反应的关系有两种表现方式:(1)渐进关系。即刺激增大一些,反应也就相应地增大一些;(2)限阈关系。即刺激有一个限阈值,在这限阈值之下的刺激不引起反应,而在这限阈值之上的刺激,不论多大,都引起同样的反应。这后一种方式也就是“全或无”的方式。杀虫药剂对昆虫的关系(杀虫药剂作为刺激,昆虫作为反应体)也是这样,在一定限阈值之下的剂量,没有影响,而在这限阈值之上的剂量,都引起死亡。因此,这里只有死亡与不死亡两种方式(实际上我们这里的讨论是把问题简单化了,因为用杀虫药剂处理昆虫也有引起麻痹的情况,但麻痹之后有些恢复而生存下来,有些由麻痹而进入到死亡,所以归根到底,我们可以把它简化为只有死亡与不死亡两种反应)。

但是,我们也知道,在一群同一种的昆虫中,生理状态、健康条件及敏感性等是有一定差别的。用一种杀虫药剂的同一个剂量可以对某一个昆虫引起死亡,而对另一个昆虫却没有引起死亡。因此,不能用某一个昆虫的情况来说明一种杀虫