

DDT 对于昆虫的 作用机制

Н. В. 伊利英斯卡娅著



.859
91

科学出版社

DDT 对于昆虫的作用机制

H. B. 伊利英斯卡婭 著

唐 家 駿 譯

科 学 出 版 社

1 9 6 3

МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ДДТ НА НАСЕКОМЫХ

Издательство Академии
Наук СССР, 1961

内 容 简 介

本书综述了 DDT 近年来的研究成果,尤其是 DDT 的毒理机制方面的成果。如对 DDT 进入昆虫有机体的特点、在昆虫体内的作用部位、DDT 的细胞化学作用、克服 DDT 毒性作用的可能性等,都作了扼要的叙述,可供农药研究工作者和毒理工作者参考。

DDT 对于昆虫的作用机制

Н. Б. 伊利英斯卡娅 著

唐 家 駿 译

*

科学出版社出版 (北京朝阳门大街 117 号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总经售

*

1963 年 6 月第 一 版

书号: 2733 字数: 86,000

1963 年 6 月第一次印刷

开本: 850×1168 1/32

(京) 0001—2,700

印张: 3 5/16 插页: 1

定价: 0.60 元

目 录

緒論	1
DDT 中毒的征象	2
第一章 DDT 进入昆虫有机体内	8
1. DDT 对昆虫与哺乳动物的比較毒性	9
2. 昆虫体壁的构造与 DDT 通过表皮进入有机体内的机制	15
3. 測定进入昆虫体内的 DDT 的数量	21
第二章 DDT 在昆虫体内作用的部位	24
1. DDT 在昆虫体内的分布	24
2. DDT 对于神经系统机能的影响	29
3. DDT 对昆虫心脏活动的影响	33
4. DDT 对昆虫呼吸的影响	34
5. DDT 对昆虫体重和水分平衡的影响	35
6. DDT 中毒的昆虫其器官和組織的形态学变化	37
第三章 DDT 的細胞化学作用	46
1. DDT 的化学結構与其毒性作用的关系	46
2. DDT 对細胞酶系统的影响	50
3. 組織呼吸过程与 DDT 对呼吸酶的作用	53
第四章 克服 DDT 毒性作用的可能性	61
1. 阻碍 DDT 进入昆虫有机体的因素	63
2. 阻碍 DDT 在其作用部位浓集的因素	65
3. 提高細胞对 DDT 毒害作用的抗性	68
4. 温度对 DDT 中毒作用的影响	73
結論	79
参考文献	83

緒 論

害虫給农作物、家畜以及人类健康带来了巨大的損失，它們传播病原体、危害森林、降低大田作物和果园的产量。应用特殊的药剂——杀虫剂是防治害虫的有效方法之一。从本世紀四十年代合成有机物质二氯二苯三氯乙烷(简称 DDT)的杀虫特性发现以后，应用化学防治法消灭害虫特別广泛。DDT 的制备簡單而价廉，同时，它們对于許多昆虫具有高度的毒性和稳定性，使 DDT 在实践中能迅速而广泛的运用，从而开始了害虫防治的新阶段——合成有机杀虫剂阶段。繼 DDT 合成之后，又合成了数百种具有杀虫特性的有机化合物。这些化合物中有許多已被广泛用来防治害虫；其中包括六氯化苯(666)和有机磷制剂。

从寻找新杀虫剂的初期就迫切地感到对昆虫細胞的新陈代谢和生理学及药剂的作用机制进行詳細研究的必要。为了正确应用杀虫剂，对其作用机制应有基本的了解。不恰当的应用杀虫剂已經导致，并且还正在导致許多不良的后果：益虫数量降低，某些害虫的发生加重，而特別要紧的是某些昆虫对杀虫剂出现了抗性。結果，杀虫剂的作用效率大大降低，并使以后害虫的防治变得更为困难。應該注意到，越是无系統地应用杀虫剂，这些不良后果的影响就愈大。

杀虫剂对昆虫的作用机制，在 DDT 方面得到了最詳細的研究。本书概述有关 DDT 作用机制方面的研究。在叙述过程中，我們也将引用自己的实验資料。尽管对于这一問題的研究在許多方面还没有闡明，但是根据所进行的研究，現在不仅已經能提出 DDT 对昆虫作用机制的假說，而且指出了对其它杀虫剂作用机制进行研究的途径。

任何一种药剂的作用机制，可归結为以下几个不同性质的过

程：1) 葯剂进入动物有机体，2) 葯剂在生命的重要器官和組織中的积累，最后，3) 密切的細胞化学作用。十分明显，为了了解毒剂作用机制，必須对所有的过程进行研究，只有上述过程的协同作用才导致有机体的死亡。

葯剂作用的上述过程各分为一章，另外有一章叙述昆虫提高对 DDT 抗性的問題。但是，在研究这些材料之前，有必要叙述一下中毒的特征，以及中毒达到何种程度才在分析 DDT 作用机制时具有大的意义。

DDT 中毒的征象

根据許多作者的叙述，DDT 在使昆虫中毒时是随着运动的进一步失調、丧失平衡、痙攣和四肢战慄，而表现出強烈的兴奋(Wiesmann, Fenjves, 1944; Lauser 等, 1944; Holst, 1944; Шмелева, 1946; Tobias, Kollros, 1946; Погодина, 1947, 1948; Колесова, 1957, 等)。不仅是昆虫，而且脊椎动物在 DDT 的作用下也表现出兴奋性提高、平衡破坏、发生痙攣等相似的征状(Ellis 及同工作者, 1944; Domenjoz, 1944; Draize 及同工作者, 1944a 和 1944b; Smith, Stohlman, 1944; Болдырев, Вашков, 1947; Вашков, Сазонова, 1947; Bromiley, Bard, 1949; Velbinger, 1949; Серебряная, 1950, 以及很多其他作者)。昆虫和脊椎动物进一步的中毒过程是不同的。虽然哺乳动物由于呼吸停止或心搏中断而迅速致死(Philips. 及其同事, 1946; Серебряная, 1950)，但在昆虫痙攣状态与死亡之間还有一段长時間的間隔，在这段时间內痙攣轉变为战慄，起初是局部，而后是全身发生麻痹。

为了記錄在 DDT 中毒过程中昆虫运动反应的变化，我們曾記錄了中毒魚尸花蠅 (*Protophormia terraenovae* R. D.) 的活动(Ильинская, 1961)。这种記錄的方法归結如下：把魚尸花蠅的翅粘貼在固着在台架的硬紙块上。其跗节触接在有弹性的小紙条上(繪图紙)，紙条随跗节活动而活动，其游离端在轉动着的用烟熏黑的帶子上进行記錄。在同一条烟熏的帶子上記錄有時間。

由活动记录可清楚看到, 接触 DDT 后的魚尸花蝇的安靜期完全消去, 所有時間都处于活动状态, 用跗节推开紙条。中毒的最初几分钟, 魚尸花蝇四肢的运动就达到了最大的强度与幅度(图 1, б)。后来, 高频率收缩的(但是低幅度的)颤动替代了強烈痙攣的四肢运动。颤动的图相上有时出現个别痙攣(图 1, в)。颤动的幅

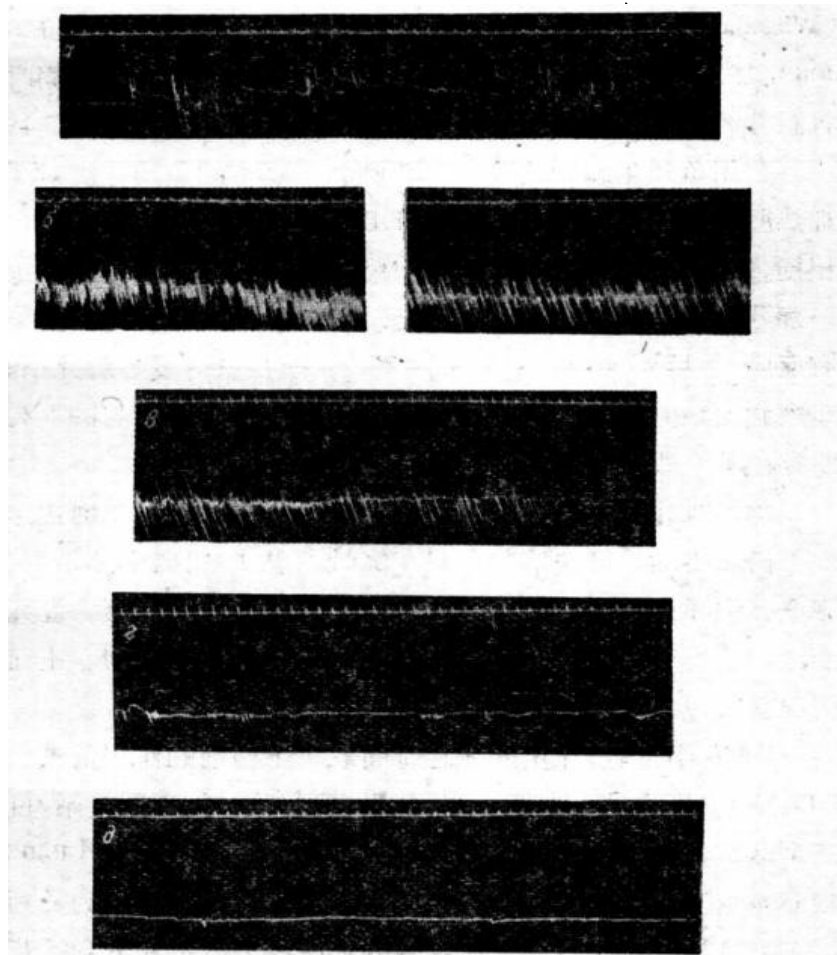


图 1 被 DDT 中毒后魚尸花蝇四肢活动的记录

上綫——時間記載(每一格相距 30 秒); 曲綫——魚尸花蝇活动状况的记录:
 а——中毒前, б——“痙攣”期, в——“颤动”开始期, г——“颤动”末期,
 д——仅对机械刺激有微弱反应期 (Ильинская, 1961)。

度逐漸减小, 最初为断續状, 而后, 大部分時間魚尸花蝇已不再处于麻痹状态, 只有在对机械刺激反应时才表现出动态 (图 1, в, д)。

最后,中毒的魚尸花蠅对于刺激的反应也消失了,不再呈现有任何生命的特征。关于 DDT 中毒过程的进一步的变化和昆虫的死亡时期知道的很少。不过,有根据推测,全身麻痹的产生还不能表明已經进入死亡。例如,在許多著作中提供了这方面的資料,处于麻痹状态的一部分昆虫,經過若干時間后重新获得了活动能力(Wiesmann, 1947; Вашков, 1948; Дербенева-Ухова 和 Морозона, 1950; Левиев, 1955; Suzuki, Toyama, 1957, 等)。同时有人曾意外的观察到昆虫在全身麻痹时心脏仍在活动(Maple, 1945)。

在用魚尸花蠅的試驗中,我們利用麻痹的魚尸花蠅对于稍微加热所表現的反应作为昆虫因 DDT 致死的指标,这种指标比較粗糙,但是很方便(Ильинская, 1957)¹⁾。随着加热(用电灯加热),一部分麻痹的魚尸花蠅恢复了活动积极性:起初表现出对刺激具有反应,最后颤动和痙攣相繼恢复。甚至在麻痹发生后几小时,亦观察到痙攣的恢复,这又一次着重指出在发生麻痹与进入死亡之間存在着一段长时期的間隔。

加热时,除了“复活”的魚尸花蠅而外,有些魚尸花蠅在这些条件下仍然不动。解剖这些魚尸花蠅时发现了:組織十分干燥,几乎完全丧失了血淋巴,器官分解,以及其它一些表明花蠅已經死亡的变化。这类变化在加热时“复活”的花蠅中从未观察到。上面这种情况就可以利用加热的办法来証明昆虫死亡与否。

DDT 中毒后,昆虫的死亡時間取决于葯剂的作用剂量。根据 DDT 的剂量和昆虫存活時間(从中毒到死亡)的不同关系,可分成三个区域(亚临界剂量、临界剂量和过临界剂量)(Ильинская, 1958)。花蠅与亚临界剂量的 DDT 接触后,其存活期的长短与未經接触毒物的对照组或用作試驗的那些沒有飲水和取食的花蠅一样。有时,亚临界剂量的 DDT 甚至使昆虫的存活期显著延长。从临界剂量开始表现出 DDT 的毒性,这时,剂量每稍有增加就使

1) 正如我們將在后面詳細研究的,DDT 具有負溫度作用系数。在正常的生理範圍內升高溫度時,被 DDT 中毒的昆虫对 DDT 的作用變得更加穩定:完全不發生中毒,或是中毒很快就解除了。

存活期显著缩短。最后,剂量继续增加就不再使昆虫的存活期显著缩短。在过临界剂量作用下,存活期与剂量的关系可用 Yeager-Munson (1949) 的双曲线方程式来确定。利用图解阐明三个不同的区域更为方便 (Ильинская, 1961)。将所得资料用对数表示时可从图 2 很清楚地看出, DDT 的剂量与存活期的关系是由三段直线组成的曲线, 每一段直线代表剂量和生活期的一个区域, 而从这一剂量向另一剂量过渡时, 则此段直线即被折断。

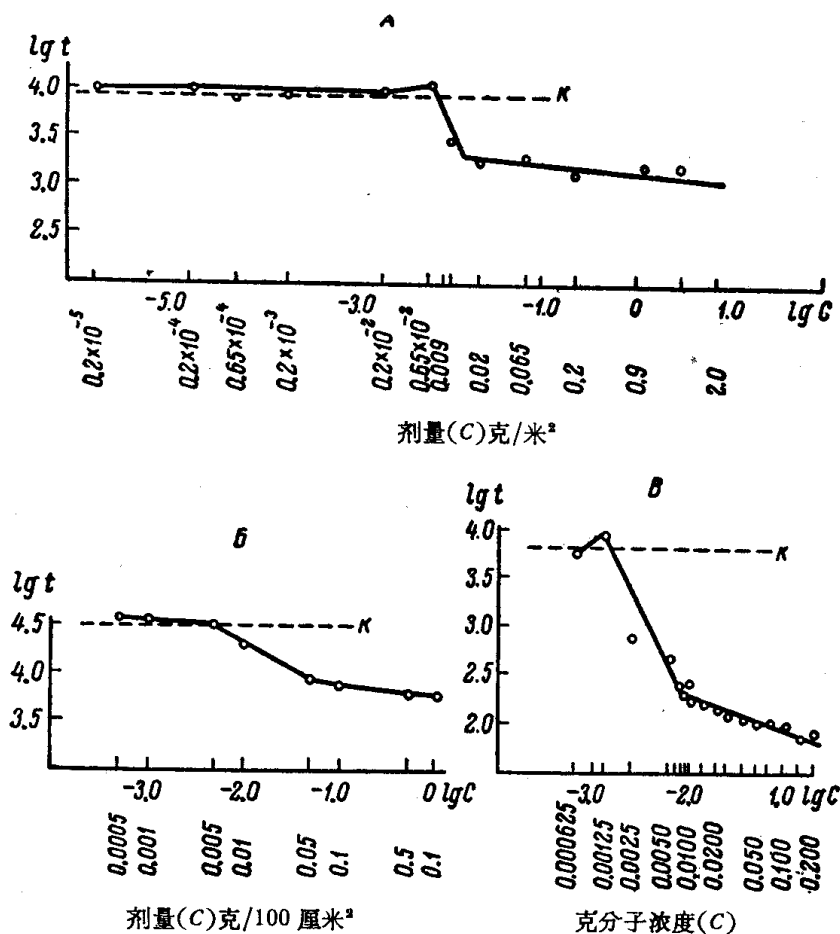


图 2 全身麻痹发生时间与 DDT 剂量的关系

纵座标——麻痹发生时间的对数 (分), 横座标——DDT 剂量的对数。
 K ——对照昆虫生活期的对数。A——鱼尸花蝇 (*Protophormia terrae-novae*), B——拟谷盗成虫 (*Tribolium castaneum*), B——家蝇 (*Musca domestica*) (Ильинская, 1961)

应着重指出,甚至最大剂量的 DDT 也不会引起昆虫迅速死亡。从中毒至昆虫发生麻痹和死亡,要经过许多小时以至一昼夜。例如在我们的试验中花蝇与高剂量 DDT (2 克/米^2) 药面接触后的头几分钟就出现了中毒的初步特征,至第十分钟所有的花蝇已经仰面躺着,而且四肢带有痉挛性收缩。虽然中毒症状出现得这样早,但直至第一昼夜末、第二昼夜初才进入死亡。家蝇的 DDT 中毒过程进行较快。据 Yeager 和 Munson (1949) 的资料,家蝇自击倒至死亡经过了同一时间间隔,因此很快表现出中毒特征,而与引起中毒的 DDT 剂量无关。

其它大部分的昆虫与 DDT 接触后不是经过几分钟而是几小时以后,才表现出中毒特征,因此它们的死亡也相应地大大延迟(在第 3—7 昼夜)。

可见,长期的濒死状态是 DDT 毒性作用的特点,而瞬时即告死亡的情况是从未观察到的。在长期的濒死状态之前,通常或多或少有一段隐蔽的中毒期。

特别应当谈到一种有趣的现象——四肢的自断现象 (автотомия),这在研究 DDT 对昆虫作用的初期工作中就已经发现了。许多昆虫(蚊类、蝇类、鳞翅类)接触 DDT 药面后经过若干时间,便断脱被药剂损害了的四肢 (Emmel, 1943; Wiesmann, Fenjves, 1944; Wiesmann, 1947, 1949; Witt, 1947; Набоков 等, 1947; Kennedy, 1947; Купцова, 1948; Heubner, 1949; Гончаров, 1952)。必须着重指出,DDT 引起一些种类的昆虫发生四肢自断现象,而此现象在这些昆虫中过去是没有发现的。在痉挛时发生断裂,而且被断裂下来的四肢长时间地继续收缩着。在用吉丁虫所做的类似的试验中,观察到它们咬掉了中毒的跗节 (Wiesmann, 1949)。显然,类似的这些现象具有保护作用,因为,根据许多资料,在跗节接触药剂后立刻把它们切断能够防止昆虫死亡 (Läuger 等, 1944; Le Roux, Morrison, 1953; Morrison, Le Roux, 1954; Nicoli, Depieds, 1955)。

不过须注意,不同的种类甚至是同一种类的不同发育时期,对

于 DDT 的敏感性是不同的。所以, DDT 中毒征象的出現,在很大程度上取决于昆虫的种类和发育时期并不足为奇。例如:展翅而很活动的成蝇与其幼虫相比痙攣表現得更強些。但是,在所有各式各样的表現中,兴奋、运动失調、痙攣、麻痹和常見的四肢自断現象,是大多数昆虫,在被 DDT 中毒后所具有的特征。

具有痙攣和麻痹現象,这也就是把 DDT 列为神經葯剂的原因(Wiesmann, 1943)。在这方面 Fritsch 和 Krupp (1952, 227 頁)的見解是有代表性的,他們写道:“我們认为最新的一些杀虫剂是神經葯剂,主要不是因为神經系統是它們的作用点,并且沿着神經系統扩散,而是因为它們的作用是与痙攣和麻痹有联系”。

第一章 DDT 进入昆虫有机体内

DDT 进入昆虫有机体的研究吸引了很多的研究者。这不是偶然的,因为 DDT 是一种具有触杀作用的药剂,自然就会产生这样一个问题:DDT 是怎样通过体壁,并且药剂进入动物有机体的不同方式在中毒过程中又能起到何等作用。同时,在这方面进行工作的研究者,集中其主要的注意力试图将体壁的渗透性及其结构与种和小种的抗性问题相联系起来,以致于(特别是在近来)直接分析 DDT 通过体壁进入有机体的过程本身一事其重要性反而被忽视。

如前所述,从发现 DDT 杀虫特性时起,它就被列为触杀剂,因为,昆虫在接触 DDT 药面后,就足以使其发生死亡。此外,DDT 用来防治吸收式或刺吸式口器的昆虫有效(作胃毒剂则无效),这一点可以推想到 DDT 的触杀作用(Schaffner, 1944; Fillmer, Smith, 1944; Potts, Vanderplank, 1945; Погодина, 1947)。最后, Fisher (1952)、Morrison 和 Le Roux (1954)的试验是 DDT 触杀作用的直接证明,在试验中他们曾观察到,在用药剂局部地处理体壁的某部时,蝇子发生死亡,当药剂通过口部和气孔进入蝇体时就被排出。

虽然 DDT 的触杀作用已无疑而毋需证明,但为了了解这种药剂的胃毒作用,亦曾进行了许多工作(Holst, 1944; Lindquist 及其同事, 1944; Maple, 1945; Бочарова, 1947; Сазонов, 1948; Башков, 1948; Weaver, 1950; Марджанян, 1950; Козлова, 1950; Федотов, Бочарова, 1950, 1952; Buck 及其同事, 1952; Федотова, 1958)。显然,具有不同类型的口器以及与药面接触程度不同的各种昆虫,通过体壁进入有机体的药剂的剂量与通过口部进入的剂量是不同的。对于取食拌有 DDT 的饲料的蝇蛆,实

际上胃毒作用是主要的(Waterhouse, 1947; Buck 及其同事, 1952), 而对羽化出的成蝇, 經口部进入 DDT 的剂量是微不足道的。为了防止 DDT 由口部进入而切去吻部, 无论对死亡率或是 DDT 在昆虫体内分布的特征, 都不会受到影响 (Lindquist 及其同事, 1951a)。

在評定葯剂的胃毒与触杀作用的意义时还必须考虑到, 昆虫通常拒絕取食有毒的食物, 此外, 它們还力图将葯剂从腸道呕吐出来。

1. DDT 对昆虫与哺乳动物的比較毒性

已被公認, DDT 作为杀虫剂不仅对于昆虫具有高度毒性, 而且对于人类和有益于人类的动物也比較安全。与其它杀虫剂相比, DDT 对哺乳动物的毒性要小得多 (Velbinger, 1949)¹⁾。正因为如此, DDT 不仅用来防治植物害虫, 而且也在防治蝇类、疟蚊、臭虫、虱子和其它一些在流行病学方面重要的昆虫中被广泛采用。这时, 人类和动物与杀虫剂长久而密切接触的可能性特別大。在这方面, 采用 DDT 制剂是防治害虫的主要方法之一 (Павловский, Первомайский, Чагин, 1951; Вашков 等, 1955)。

DDT 比較安全, 这在很大程度上是由于通常情况下所应用的 DDT 粉剂和悬浮液对温血动物的毒性較小的緣故。虽然, 大量 DDT 与哺乳动物的皮肤长久接触并不引起中毒 (Draize 及其同事, 1944a、1944b; Вашков, 1947; Болдырев, Вашков, 1947; Domenjoz, 1949), 但当昆虫短時間与用 DDT 处理过的而干燥較久的葯面接触时就发生死亡。不仅如此, 甚至与被 DDT 中毒的昆虫个体接触, 也会发生中毒 (Wiesmann, 1943; Fillmer, Smith, 1944; Potts, Vanderplank, 1945; Набоков 等, 1947; King, Gahan,

1) 同时, 也不能完全忽視 DDT 对人的毒性: 由于 DDT 而引起的中毒事件已知确实不多。在大多数情况下, 他們是由于粗心大意所造成的; 特別是用 DDT 溶液和乳剂长期工作时有必要严格遵守最普通的預防措施 (Вашков 等, 1955; Шыра-Бура, 1955)。

1947; Mer, Davidovici, 1950; Barlow, Hadaway, 1952; Kloft, 1954)。在表 1 和表 2 中引用的数字資料进行比較时,特別明显地看出 DDT 毒性剂量的差异,表內 DDT 的临界剂量以每 1 公斤动物所用藥物的毫克数表示。

当把 DDT 注射到美洲蜚蠊的体腔时,临界剂量降低的很少(表 3),而根据某些作者的資料,肌肉內注射时甚至会降低 DDT 对昆虫(蝇、蜚蠊)的毒性(Fisher, 1952; Nicoli, Depieds, 1955)。

DDT 进入哺乳动物有机体内的方式不同于昆虫,这具有首要的意义。以大白鼠为例,可看到內服結晶 DDT 及其水悬液时,具有不大的毒性作用,而使其与皮肤接触时則完全无害(表 4)。应用有机溶剂时,藥剂的毒性显著增高,最后,以 DDT 乳剂注射入动物的血液时,这是 DDT 作用的最好条件,此时,DDT 对于大白鼠的临界剂量降低到以致于与昆虫的致死剂量可以相比拟(Philips, Gilman, 1946)。

根据这些資料,許多研究者(Tobias 及其同事, 1946a; Hoffmann, Lendle, 1948; Dresden, Krijgsmann, 1948; Brown, 1951; Winteringham, Barnes, 1955) 认为 DDT 对所有的有机体是同等有毒的一种藥剂,而昆虫对 DDT 的特殊敏感性完全可从藥剂进入有机体的条件得到解释。

遺憾的是,不能将累积于作用部位而使昆虫和哺乳动物致死的那个 DDT 最小剂量,进行更为詳細的比較。問題在于,因 DDT 难溶于水,通常是应用其有机溶液来測定致死剂量的。同时,大家知道,有机溶剂不仅改变 DDT 渗透性的条件及其在有机体的分布速度(Hodgson, Smyth, 1955),而且有机溶剂本身也能引起中毒(Swisher, 1944)。

表 5 中的資料表明,溶剂对藥剂的致死中量有显著的影响¹⁾。所以,实际上我們并不知道引起昆虫死亡的 DDT 的真正最小剂量。

1) 正如以后將叙述的,溶剂的作用不只影响到体壁对于毒物的渗透性,同样还影响到 DDT 在昆虫体内的分布。例如:DDT 在有机溶剂中的最大可溶性,可以妨碍内部器官內拟脂对 DDT 的吸附作用。

表 1 DDT 对于昆虫的致死中量

昆 虫 名 称	DDT 的 处 理 方 式	DDT 剂 量 (毫克/1公斤体重)	文 献 来 源
<i>Musca domestica</i>	接触 DDT 结晶	2.5	Laug, 1946a
<i>Musca domestica</i> (雄)	DDT 的煤油与汽油溶液加至体壁上	6	David, 1946
<i>Musca domestica</i> (雌)	同上	9	David, 1946
<i>Musca domestica</i> (幼龄的)	DDT 丙酮液加到体壁上	2	Tobias a. oth., 1946a
<i>Musca domestica</i> (老龄的)	同上	8—21	Tobias a. oth., 1946a
<i>Musca domestica</i>	接触 DDT 结晶	0.0000025	Набоков 等, 1947
<i>Calliphora</i> sp.	DDT 丙酮液加到体壁上	9—28	Tobias a. oth., 1946a
<i>Calliphora erythrocephala</i>	DDT 酒精液加到体壁上	9	Witt, 1947
<i>Drosophila melanogaster</i> (雄)	DDT 蒸馏水溶液加到体壁上	26.6	Kerr, 1954
<i>Drosophila melanogaster</i> (雌)	同上	31.0	Kerr, 1954
<i>Aedes aegypti</i> (雄)	DDT 的煤油与汽油溶液加到体壁上	5.5	David, 1946
<i>Aedes aegypti</i> (雌)	同上	8	David, 1946
<i>Aedes</i> sp. (雄)	DDT 乙醇溶液加到体壁上	0.02	Ludvik, 1953
<i>Aedes</i> sp. (雌)	同上	0.066	Ludvik, 1953
<i>Apis mellifera</i>	饲料内加入 DDT 苯溶液	0.2913	Weaver, 1950

表 2 DDT 对温血动物的作用

动物	DDT 的处理方式	DDT 剂量 (毫克/公斤体重)	毒性作用	文献来源
兔	5%粉剂加于皮肤上	4000	无	Draize a. oth., 1944a
	有机溶液加于皮肤上	300	致死中量	Cameron, Burgess, 1945
	溶于石蜡后加于皮下	250	”	同上
	溶于石蜡后加入胃部	300	”	同上
	用于粉剂于食物中	800	最低致死剂量	Серебряная, 1950
	用油剂溶液拌于食物中	600	”	同上
狗	用粉剂拌于食物中	800—1000	”	Серебряная, 1950
猫	水悬液加入胃部	2000—3000	若不连续喂食 6—8 小时, 不引起中毒	Серебряная, 1950
	油剂溶液加入胃部	300	最低致死剂量	Серебряная, 1950
	用粉剂拌于食物中	600	最低致死剂量	同上
	橄榄油加入胃部	200—300	致死中量	Smith, Stohlman, 1944
豚鼠	5%粉剂加于皮肤上	4000	无	Draize a. oth., 1944a
	油剂溶液加于皮肤上	390—900	刺激皮肤	同上
	有机溶液加于皮肤上	1000	致死中量	Cameron, Burgess, 1945

表 2 (續)

动物	DDT 的处理方式	DDT 剂量 (毫克/公斤体重)	毒性作用	文献来源
豚鼠	溶于石蜡后加于皮肤下 口服油剂溶液 与鱼脂混和喂食 溶于石蜡后加入胃部	900 400 600—1200 400	致死中量 ” 28 小时后全部死亡 致死中量	Cameron, Burgess, 1945 Draize, Woodword a. oth., 1944a, b Velbinger, 1949 Cameron, Burgess, 1945
	阿拉伯树胶水悬液喂食 水悬液置入皮下 喂食敏覆油液 把結晶和悬浮液加于皮上 悬浮液成糊状加于皮下 喂食浆糊拌和物 加煤油溶液于皮上 加杏仁油液于皮下 把杏仁油液注入腹内 喂食杏仁油液 与鱼脂防混和喂食 喂食油类溶液	1600 1000—1500 175 剂量沒有說明 3250—4000 1000 1000 600—700 600 200 160—270 200	致死中量 ” ” 无 无 致死中量 全部死亡 致死中量 ” ” 24 小时后死亡 最低致死剂量	Domenjov, 1944 同上 同上 Domenjov, 1944; Башков, 1947 Башков, 1947 同上 Болдырев, Башков, 1947 Башков, Сазонова, 1947 同上 同上 Velbinger, 1949 Серебряная, 1950
小白鼠				