

內導杀虫剂及其应用

曹 驥 編 著

財政經濟出版社

目 录

一、前 言	3
二、内导杀虫剂使用研究簡史	4
(一)早年間对于植物內部治疗所做的一些努力	4
(二)密勒的工作奠定了植物內部治疗的基礎	6
(三)内导杀虫剂的定义	6
三、内导杀虫剂的使用方法及其評价	7
四、内导杀虫剂的种类	9
五、主要内导杀虫剂之一—— E 1059	24
(一) E 1059 的性狀及其对动物的毒性	24
(二) E 1059 在植物体内的輸导及杀虫作用	25
(三)植物吸收 E 1059 与环境的关系	27
(四) E 1059 在植物体内的化学变化	28
(五) E 1059 的杀虫有效范围	30
(六)我国昆虫工作者对 E 1059 所进行的試驗	31
(七) E 1059 与甲基 E 1059 的比較	32
六、主要内导杀虫剂之二——OMPA	33
(一) OMPA 的性狀及其对动物的毒性	33
(二) OMPA 的内导杀虫作用	34
(三) OMPA 在植物体内的穩定性	37
(四) OMPA 杀虫作用的机理	38
七、放射性同位素在内导杀虫剂研究上的应用	40
(一)用于 OMPA 的研究	40

(二)用于 E 1059 的研究.....	43
八、内导杀虫剂和渗透性杀虫剂.....	44
九、内导杀虫剂不适于防治咀嚼口器害虫的原因.....	46
十、結語及展望.....	47
附：国外已有的一些 E 1059 的杀虫有效范围.....	49
我国内导杀虫剂文献.....	51

一、前 言

內导杀虫剂是由 Systemic insecticide 一詞譯出。这一外文名詞是 1946 年英国馬丁与肖二人所創用的*。我国有內导杀虫剂与內吸杀虫剂兩种譯法,且以后者較為通用。但是,無論从字面看或从含义看,均以內导杀虫剂較為恰当;因此本書采用了現名,簡称內导剂。

由于害虫防治上的需要和有机合成工業的發展,在二十世紀的四十年代發掘出滴滴涕和 666 这样强有力的杀虫剂并且在世界各地已大量应用;同时也制备出 OMPA 和 E 1059 这样具有在植物內部輸导性能的杀虫剂,这就給治虫事業开辟了一个新的紀元。到現在为止,人类已生产出来的內导杀虫剂已不下 30 余种之多。根据它們的化学屬性可归納为硒素剂、有机氟制剂、有机磷制剂和脲酯(urethanes)四大类。从它們的杀虫性能及其对植物和人畜的毒性来考虑,似乎以有机磷制剂,特別是 E 1059 最合理想。

我国对內导杀虫剂的研究迟了一步,但是正在急起直追,如 E 1059 在試用于防治棉蚜及紅蜘蛛已有三年的历史,从 1957 年起將在华北設点大面积推广,而且这一內导剂的生产工作也就要迎头赶上。因此,对內导杀虫剂的使用方面的介紹已成为刻不容緩的事。可是关于这一課題的研究論文和报导虽然很多,不过多散見于国内外各杂志上,就是在英、美等国,討論內导杀

* Martin, H. and Shaw, H. BIOS Final Report № 1095 (1946).

虫剂的專書也是很少的。1955 年美国出版的麦替卡夫編著的“有机杀虫剂”一書* 虽以不少篇幅討論內导杀虫剂，但偏重理論，对应用方面談得較少。同年，西德的斯拏德勒發表的“內部治疗杀虫剂”一文**，却对內导杀虫剂从理論与应用兩方面作了較為詳尽的介紹，直到最近，仍然是国内所能接触到的一篇最完整的文献。这本小册子主要是依据該書編写的。

但是，斯拏德勒的文章也有許多缺点，最严重的是編排上非常零乱，毫無系統，常常使人看了前面要翻后面，看到后面又要回来查前面。取材偏重德、法兩國，英、美的較少，屬於社会主义陣营国家的研究材料更是沒有。此外，原書有很多篇幅着重介紹內导杀虫剂在防治馬鈴薯和甜菜等病毒病的試驗。事实上这些試驗尚未取得決定性的成果，而且也反映不出使用內导杀虫剂防治病毒病比使用一般杀虫剂究竟有什么优越之点，因此整个刪掉。其他增加、改动和刪节的地方也很不少。总之，这是希望使这本小册子更能符合我国今天的需要。但是，由于編者水平的限制，看的文献过少，錯誤和不够的地方是难免的，希望有关專家及广大讀者予以指正。

二、 內导杀虫剂使用研究簡史

(一)早年間对于植物內部治疗所做的一些努力

近些年来植物的內部治疗已引起了專家和公众的極大兴趣，其程度超出了植物保护学的任何一个分支。这不难由国际

* Metcalf, R. L. Organic insecticides, their chemistry and mode of actions, New York, (1955)(中譯本將由財政經濟出版社出版)。

** Spindler, M. Innertherapeutische insektizide, Zeits. f. Pflanzenkr u. Pflanzenschutz 62(3):97-165(1955) (有俄、英譯本)。

上出現了大量的有关这一問題的論文这一事实来証明。到目前为止，專門討論內導杀虫剂的論文已不下一千篇。曾有人把內導杀虫剂的大量制造、研究和使用，同滴滴涕的大量制造、研究和使用相比，認為同样是应用昆虫学上划时代的大事。

內部治疗一詞是指植物保护的一种处理方法，用这种方法可以把化学物質通过强加的途徑或利用植物固有吸收系統的途徑引到植物体内，借以为植物治病、除虫，同时还可以保护一个健康植物免于被病虫害寄生。这种給植物吃葯的想法很早就有过。利奧那多·达·文西 (Leonardo da vinci) 在十五世紀已經报导过：把砒素剂导入到果树干里可以使果子有毒。从內部来治疗植物的缺乏病的头一个試驗是在上世紀中叶进行的。这个試驗是用在根部澆鉄鹽溶液或在叶上涂鉄鹽溶液的办法来治黃化病，結果获得成功。此后，使用鉄鹽溶液的办法又改进为噴霧。無論用那一种方法，这已属于內部治疗的范围是很显然的。

至于用內部治疗的方法来防治植物病虫害則比較晚一些，大致是在第一次世界大战期間的事。布魯克斯(Brooks)曾用灌注和往树干里注射硫酸鉄的方法来医治李树的銀叶病 (病原菌 *Stercum purpureum*)，但是未获得成功。德門捷夫 (Dementjev) 以为把植物汁液的成分或味道略为改变一下，就可以使植物对單食性的吸收口器害虫产生抗拒作用。他由此进行了內部治疗的試驗，將氰化鉀溶液注射到樹体里，在 10 天之內，居然把苹果樹上面的綿蚜 (*Eriosoma lanigerum*) 杀死。1914 年，散德弗德 (Sandford) 在一棵 12 年生的長滿吹綿介壳虫 (*Icerya purchasi*) 的金雀花 (*Cytisus*) 枝上鑽孔并填入氰化鉀的顆粒，兩天後介壳虫开始从樹上掉落，几天後全死。但是，氰化鉀对植物的葯害極大，編者曾于 1956 年在櫻桃樹上用氰化鉀处理一个小枝，目的在

于杀死寄生在上面的几种介壳虫，几天后介壳虫和枝叶全部死亡，玉石俱焚；所以这个方法是没有实践意义的。

(二) 密勒的工作奠定了植物内部治疗的基础

密勒 (Müller) 在 1926 年發表了一本以植物的内部治疗为題的著作*，書內他引証了不少有关的文献和闡述了他自己的試驗，这样也就弄清楚一些基本問題。他試用过几种無机的与有机的化合物作内部治疗，其中用吡力啉 (pyridine) 与硫酸鋁，得到了杀死植物上綿蚜和蚜虫的有意义的結果。这些化合物是用好几种方法施用的。密勒的工作自然并未得到进一步的成 功，这主要是由于在那个时代还没有合适的化学葯剂。但是，無數的單項观察以及他研究所得出的結論在今天还是适用的。因此，这本书可以被看作是有关植物内部治疗的一本經典著作。

在早些年，内部治疗曾被局限在注射法这一方面，使用的葯剂也叫做注射剂。此后，由于这一方法被看作是植物保护上很有希望的方法，内部治疗就一直被人们研究着。医学上注射疗法的巨大成就对植物注射疗法的研究也有一定的刺激作用。誠然，这两者之間有很多共同之点，譬如都是把一种化学物質注射到被保护的生物体中去；但是它們中間也有本質上的区别。首先，植物和人或家畜在生理上就有很大的不同。其次，人医和兽医的保护对象为个体，而植物保护的对象却是群体，这是由于單个植物的經濟价值太低同时保护植物又不含有人道主义成分的緣故。

(三) 内导杀虫剂的定义

内导杀虫剂一詞虽然出現于 1946 年，但是当时含义不清，

* Müller, A. Die innere therapie der pflanzen. Berlin, 1926.

这也影响到内导杀虫剂的发展。头一个内导杀虫剂的定义是本奈特(Bennett)定出来的*。照他的定义,内导杀虫剂是能为植物所吸收、并能传导到其他部分而由此使植物体获得杀虫作用的化学物质。因此,这个物质必须具备一种可以传导的性质。温特司坦活弗(Unterstenhöfer)又把本奈特的定义加以补充,他加上这个物质能存留在植物体内这一性质。这一点,与内导杀虫剂在植物体内能保持多么长的有效期限有关。植物体由于对某种化学物质具有吸收、传导和存留等三种能力,因而在化学保护过程中好像也处在一种主动的地位,不像在以前的防治方法中,它只是充当一个被动的角色或用药的基地了。

三、内导杀虫剂的使用方法及评价

常用的内导杀虫剂施用方法不外喷(叶)、涂(茎)、灌(根)、浸(种)四大类,但是如把过去已用过的方法加以整理,约有以下各种:

1. 用于茎部(此法常用比较浓的液剂):

- (1)通过茎部伤口(人为的或蛀茎害虫造成的);
- (2)通过树枝断面(修剪时所造成的);
- (3)通过树干包扎(通常包扎前要去掉老皮);
- (4)通过茎部涂抹(只限于绿嫩茎部)。

2. 用液剂或粉剂处理土壤(直接使用或置于胶囊内),使植物的根部吸收。有时也有在根部预先做下伤口的。

3. 用液剂喷雾,使叶部直接吸收,然后传导到植物体内。

4. 用液剂浸种,使种子在发芽时吸收药剂以保护幼苗。此

* Bennett, S. H. Preliminary experiments with systemic insecticides. Ann. Appl. Biol. 36:160(1949).

法后来又有發展，由使用液剂到使用粉剂。

根据斯拚德勒(1955年)的意見，認為上述第1种方法不切合实际，其理由是这方法过于費工。人为地在树干造成伤口的确有很大的缺点。例如，1956年春我們在昌黎果树試驗站用直徑約为2厘米的鑽孔器对苹果、梨、櫻桃、核桃的树干表皮鑽孔、进行E1059內导杀虫試驗，結果，几天之后全發生輕重不同的流膠現象，虽用油紙接蜡封住，仍不能避免流膠。再从杀虫效果低这一点来看，葯剂根本沒有被吸进去，絕大部分都被流膠冲下来了。用修剪后的树枝断面作为用葯通路这方法，我們还没有經驗，国外报导也是不多。

至于第1种方法的最后兩項，树干包扎及莖部涂抹，虽然費工些，但是它的效果也往往比噴霧大些和持久些。例如，华东农業科学研究所龙承德等所进行的E1059包扎苹果树干防治綿蚜試驗和华北农業科学研究所齐兆生等所进行的E1059涂抹棉苗莖部防治棉蚜試驗(見第31—32頁)，都說明这一方法是具有一定前途的。

关于第2种方法——土壤处理——的效果往往是不稳定的。因为在这样处理情形下，土壤的物理性、化学成分和生物学特性都有一定的影响，很多因素在目前还是無法估計的。用土壤灌注还有一个缺点，就是無法計算实际需要的濃度，因为所采用那塊地的土壤对葯剂的吸附力就無从知道，而且当施行土壤灌注时，还要考慮到根部的选择習性(植物的根有吸收某些物質而排斥另外一些物質的習性)。土壤灌注的优点就是操作容易，作用持久，用于一些盆栽的植物尤为相宜。至于事先在根部做下伤口，虽有助于吸收，但容易造成葯害，这个办法早已無人采用了。

第3种方法的应用范围很广，內导剂的噴霧与一般噴霧完

全相同，并不需要特殊器械，近来也有采用烟雾法(Mistblower)的。内导剂一般对人有剧毒和 E 605 不相上下，在操作时要特别当心。

第4种方法(浸种)在各种方法中看起来最简单，但是它的道理却最复杂。如果说植物根部对周围的水溶质具有选择吸收性，那末种子也有这种性质而且表现得比根部更明显。不同的植物种子有不同的吸药能力，这方面还需要下大力去研究。

四、内导杀虫剂的种类

内导杀虫剂目前存在着三种分类方法：

(一)按照它们在植物体内的表现形式，内导杀虫剂可分为三类：

1. 稳定型内导剂——经吸入植物体，即长期存在，表现极为稳定，如硒酸钠。

2. 直接型内导剂——吸入植物体后不受代谢影响，以原型发生作用，但可以消失，如 BFPO。

3. 变化型内导剂——原用药剂在植物体内受代谢影响变成其他次级毒素，如 E 1059。

后两类内导剂区分还不能十分确定，因为这些物质在进入植物内部以后所遭遇的生物化学变化常常是很复杂的。例如，OMPA 在某些植物体内可以逐渐变成一个更毒的同化衍生物，因而可以把它看作变化型内导剂，但是有时它是以原型发生作用的。

(二)弗来切尔(Fletcher, 1951 年)建议按内导剂杀虫作用的形式分为这样三类：

1. 有生理选择性的内导剂——即杀虫作用因昆虫种类而不

同,如 OMPA 的触杀能力很微弱,因此对于益虫没有妨碍,长期使用 OMPA 防治蚜虫可以不妨碍益虫的增殖。

2. 有生态选择性的内导剂——这是指触杀能力较强的内导杀虫剂說的,如 E 1059 用于噴霧,必然会伤害益虫,而用于土壤灌注或树干处理,就可免去和益虫接触的机会而收到有选择的杀虫的效果。

3. 無选择性的内导剂——如 E 1059 用于莖叶噴霧。

(三)斯拏德勒(1955年)按照已知各种内导剂的化学結構,將它們分为下列四类:

1. 硒素剂——如硒酸钠(見下面化合物编号[1]—[3]);

2. 有机氟制剂——如氟醋酸鈉(見下面化合物编号[4]—[10]);

3. 有机磷制剂——如 E 1059、OMPA(見下面化合物编号[11]—[32]);

4. 脲酯类——如 Isolan(見下面化合物编号[33]—[35])。

这种分法有时亦有困难,如 BFPO 既含氟,又含磷,斯拏德勒把它算作有机磷制剂,但是不如列入有机氟制剂更为妥当。現將四类中的主要品种簡介如下:

1. 硒素剂

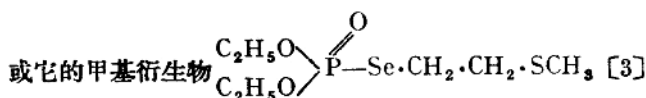
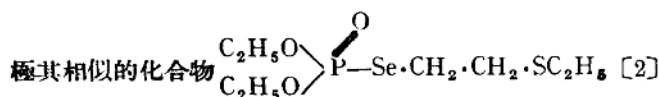
早在 1936 年就有人用硒酸钠(Na_2SeO_4)[1] 加入小麦的培养液中,以杀死小麦植株上的小米蚜(*Rhopalosiphum pruni-foliae*)和棉紅蜘蛛(*Tetranychus telarius*)。当小麦中含有硒素百万分之三时,所有的蚜虫在几天里全部死亡而小麦不受損害。进一步的試驗証明,当土壤中含硒量为百万分之十时,种在上面的小麦、黑麦、燕麦和大麦就完全不受蚜虫感染。此后,又有不少学者用硒酸钠处理土壤来防治蚜虫和紅蜘蛛,并且获得良好的

效果，特別在溫室里的觀賞植物上。從他們的試驗可以得出結論，硒酸鈉是一個真正的內導殺蟲劑，因為它可以被植物吸收，並且在植物體內輸導和存留。

植物可以吸收硒素這一事實是並不可怪的，硒和硫在化學上是同族，而硫又是植物生長必不可少的元素。根據本奈特的見解(1949年)，硒在植物代謝中可以代替硫，並可與硫化物同樣地被植物吸收和在植物體內輸導。試驗證明，年青的植物體更能吸收硒素，正如更能吸收其他的內導殺蟲劑一樣。

有兩個重要原因使硒酸鈉不能廣泛地在田間應用。第一，在殺蟲所用的濃度下它常常對植物也有藥害，第二，它對人畜毒性極強；因此只能在觀賞植物上使用。據雷曼(Lehman, 1951年)的報告，老鼠對硒酸鈉的口服致死中量為2.5毫克/公斤。司配爾(Speyer, 1941年)等曾特別指出，當將硒酸鈉用於種子處理或土壤處理時，它的殘留毒力是有危險的。在後一種情形下，土壤在很久期間保留着毒性，不能再種食用作物或飼料作物。

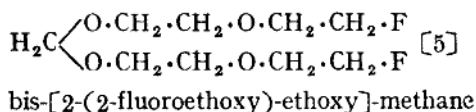
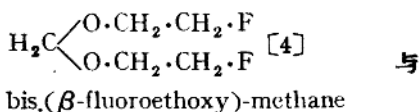
最近施賴德爾(Schrader, 1952年)等又研究了有機硒制劑和有機硒磷制劑。在他們已製備出來的樣品中，一種和E 1059



已被證明有很好的內導殺蟲作用，但是因價錢太高或對人畜太毒，尚不能大量地應用。

2. 有機氟制劑

有机氟制剂是施賴德爾最先記述的，他發現了几种氟素剂具有內導性質。例如 β -氟乙醇的兩種甲基鹽



就是很有效的內導杀虫剂。噴霧一次，藥效可維持 3—4 星期。這兩种有机氟制剂的后一种曾被用来防治葡萄根瘤蚜 (*Phylloxera vastatrix*)。在試驗区里，一半用 0.1% 溶液噴霧，另一半施行根部处理，也就是在每株葡萄附近开一个洞，灌上藥再蓋上土。在这兩種情形下，对于根瘤蚜都得到了 80—95% 的杀虫效果，但是藥的毒性过大，使得葡萄也染上了毒，因此它在实际防治上是毫無采用价值的。

此后，又有人用 β -氟乙醇的甲基鹽对玉米蚜 (*Aphis maidis*) 和玉米螟 (*Pyrausta nubilalis*) 在实验室的盆栽玉米上进行試驗。对于玉米蚜用的是土壤灌注法，用量按每公頃 6.75 公斤折算。处理后 4 小时，蚜虫开始落下，20 小时后 90% 死亡，72 小时后 100% 死亡。試驗的設計保證了不發生熏蒸作用，因此杀虫效果完全是由內導作用造成的。在玉米螟的試驗里，用的是新孵化的幼虫，土壤則用 1% 的溶液处理，用量按每公頃 1.68 公斤折算。五天过后，玉米上只有死的幼虫。根据原試驗人的意見，这个化合物在玉米里可能被分解成有毒的氟乙酸鹽。

這兩种有机氟制剂的前一种[4]在英国的郎·艾什頓研究站里曾被用来进行廣泛的試驗，这些試驗証明了它的熏蒸作用是

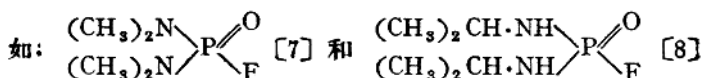
很强的。这研究站的試驗者指出，土壤处理的初步效果主要是在处理以后才显现出内导杀虫作用。此外，他們还表明了这种药剂的内导杀虫作用是从它溶合在植物汁液里經导管輸导到叶部呈蒸汽状态而产生的。

β -氟乙醇的甲基鹽曾被証实对哺乳动物毒性太强，因此就沒有人对它进一步加以研究。在 β -氟乙醇的氧化过程中，一氟乙酸被制备出来，它的鈉鹽已由許多人的試驗証实为一个很有效的内导杀虫剂。氟乙酸鈉(CH_2FCOONa)[6]天然存在于南非洲产的有毒植物“聚繖毒鼠子”(*Dichapetalum cymosum*)里。这一事实使戴維德(David, 1950 年)对它进行了在别的植物内的内导杀虫試驗。在試驗蚕豆植株时，用的是药剂处理过的土壤和沙土。在土壤中，400 克土加 1 毫克药，五天內使豆棵上面的蚕豆蚜 (*Aphis fabae*) 全部死掉。在沙土內加 0.1 毫克药就可生效，而且处理过的植物对蚜虫的毒性可維持 10 天以上。氟乙酸的內导杀虫作用是由这样的試驗証明的，即用 0.01% 的溶液处理一对叶子，不管蚜虫是在这对叶子的上面的或下面的叶子上，都全部死亡。它是不具熏蒸作用的。

在初步試驗里，0.0005% 的氟乙酸鈉溶液对菊蚜 (*Macrosiphoniella sorbori*) 和豌豆蚜 (*Acyrtosiphum pisi*) 都有內导杀虫效力。这种药对植物的毒性还是很低。在最近的試驗里，戴維德与夏的涅 (Gardiner) (1951 年) 成功地証明了氟乙酸鈉的內导杀虫作用不仅对吸口器昆虫，而且对咀嚼口器昆虫也具有特效。当它被施用到白菜叶上时，它可以被輸导到未处理的部分而杀死在那里取食的菜白蝶 (*Pieris brassicae*) 幼虫。从根部吸收上去的效果也是一样。按照每公斤青重的菜加 50 毫克有效成分的用量，幼虫的死亡率即可达 100%。由于它对哺乳动物的毒性非常高(按此药曾以“1080”的商品名作杀鼠剂出售)，

氟乙酸鈉的內導殺蟲試驗只具有科學上的意義，還沒有實用的可能。

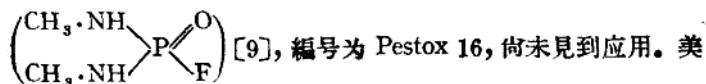
另一類內導劑兼含氟和磷兩種毒素，一般呈 $\text{P} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \diagup \\ \text{F} \end{smallmatrix}$ 而存在，



前一種是施賴德爾在 1941 年製備出來的，試驗號為 CR 409，在植物內有效期為 3—4 星期，可是它的毒性太強（對家鼠口服致死中量僅 0.05 毫克/公斤），因而放棄不用。後來這種藥被英國注意起來了，命名為 Dimefox〔即 bis- (dimethylamino)-fluorophosphin oxide 的縮稱〕，商品名為 Pestox 14。美國則取用另外四個字母，叫做 BFPO，目前較為通用。這物質具有高度揮發性，25°C 時蒸汽壓為 0.36 毫米汞，在 15°C 時仍有 0.18 毫米汞。因此，直接噴到葉子上的內導殺蟲效果不大（如以蠶豆作試驗，把蠶豆葉浸在 0.1% 的 BFPO 水溶液內 1 小時後吸入量為 16%，但是 24 小時後吸入量也不過 28%），要從根部吸收上去再從葉部揮發出來效果才顯著。它曾被韓那 (Hanna, 1954 年) 等在南非黃金海岸（加納）的可可樹上大量使用 BFPO 與 OMPA 的等量混合劑來對付上面的傳染病毒病的粉介殼蟲，(*Pseudococcus njalensis* 等)，獲得了顯著的成功。他們主要用的是噴霧法、樹干注射法和土壤灌注法，其中以灌注法效果最好（用 5% 溶液），一次灌注可保證有效期 7 星期，但後來為了省藥又改用樹干注射法。據說在收穫的時候，可可豆內並沒有殘留藥劑。由於這藥劑的效果很好，它得了“韓南” (Hanane) 這一土名。

邦得 (Bond, 1953 年) 引用了韓那等的方法, 在南非堪亞 (Kenya) 使用“韓南”来防治咖啡粉介壳虫 (*Planococcus kenyae*)。他由試驗得出, 用树干包扎法效果要比土壤处理法好。用前一种方法, 有兩棵已經严重受害的咖啡树在 12 星期內就把所有的虫子杀死, 用量是每棵 200 毫升 1—2.5% 的溶液, 对咖啡树沒有药害。假如不用包扎, 光是把药涂在树干上, 那末效果也不好, 这是由于“韓南”具有高度揮發性的緣故。在英、比等国也曾用 BFPO 防治蛇麻 (啤酒花) 上的紅蜘蛛和蚜虫, 施用方法是在根部灌注 0.5% 的溶液。

英国人在“韓南”上获得利益之后繼續在这方面进行研究, 終于在 1950 年制备出一种叫 Isopestox 的 bis-(monoisopropylamino)-fluorophosphin oxide 来, 也就是上面介紹过的第二种 [8]。后来, 根据化学名称縮写为 Mipafox, 編号为 Pestox 15。它的特点是水溶性高 (25°C 为 8%), 揮發性小, 对温血动物的毒性也比前一种 (BFPO) 小, 对家鼠約为 25—50 毫克/公斤, 对兔子和豚鼠的口服致死中量約为 50—100 毫克/公斤。它的特点是在植物体内容易受酶的作用, 在 2—3 星期內即完全分解。在英国已用来防治落叶果树、蔬菜、烟草、甜菜和若干花卉的蚜虫和紅蜘蛛, 使用濃度約为 0.05—0.15%。此后不久, 英国人又制造出来一种 bis-(monomethylamino)-fluorophosphin oxide



美国的三德尔斯和司太赛 (Saunders 及 Stacey) 也制备出一种 diisopropylphosphoryl fluoride $\left(\begin{array}{c} (\text{CH}_3)_2\text{CHO} \\ (\text{CH}_3)_2\text{CHO} \end{array} \right) \text{P} \begin{array}{c} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{F} \end{array} \quad [10],$

对高等动物的毒性和 BFPO 相似, 亦为一强內导杀虫剂。

3. 有机磷制剂

有机磷制剂是内导杀虫剂各类中最主要的一类，已知品种约有30种之多，就是前面所举的两类中也都有含磷的代表品种，但因它们的特点与一般磷制剂不同，所以不放在本类内。有机磷

内导剂主要含有 $\text{P} \begin{smallmatrix} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O} \end{smallmatrix}$ 或 $\text{P} \begin{smallmatrix} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{S} \end{smallmatrix}$ 、 $\text{P} \begin{smallmatrix} \nearrow \text{S} \\ \searrow \text{O} \end{smallmatrix}$ 或 $\text{P} \begin{smallmatrix} \nearrow \text{S} \\ \searrow \text{S} \end{smallmatrix}$ 等四种类

型，其中最后一种是苏联科学家推广出来的。现将常见的22种有机磷内导剂列举如下(表见第17—20页)：

表上所述22种制备品中，以[12]及[15]、[22]及[23]较为重要，下面另辟专章加以详细介绍，此处只就其余各种略加讨论。

(1) Para-oxon 亦称 E 600，与 E 605 构造上只有一点差别，

即一为 $\text{P} \begin{smallmatrix} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O} \end{smallmatrix}$ ，一为 $\text{P} \begin{smallmatrix} \nearrow \text{S} \\ \searrow \text{O} \end{smallmatrix}$ 。但是，因其水溶性相当于 E 605 的

100 倍，所以具有内导性，对咀嚼口器害虫(如菜白蝶)的内导作用亦相当强。

(2) [13] 及 [14] 两种是施赖德尔制备出来的，都是无色而有香气的液体，能溶于水，内导杀虫作用亦强，但是由于它们对植物的毒性太强，不能获得实际上的应用。

(3) [16] 及 [17] 两种为同素异构体，同时存在于工业制备品中，分离后前者毒性较强。对棉红蜘蛛 (*Tetranychus bimaculatus*)，前者毒性为后者的15倍；对蚕豆蚜，前者强两倍。

(4) [18] 与 [19] 两种为英国试制成功的新产品。二者均为淡黄绿色液体，1836 水溶度为1%，2046 可以与水按任意的比例混合。在试验中对为害蚕豆的棉红蜘蛛的效力，据说比 OMPA