

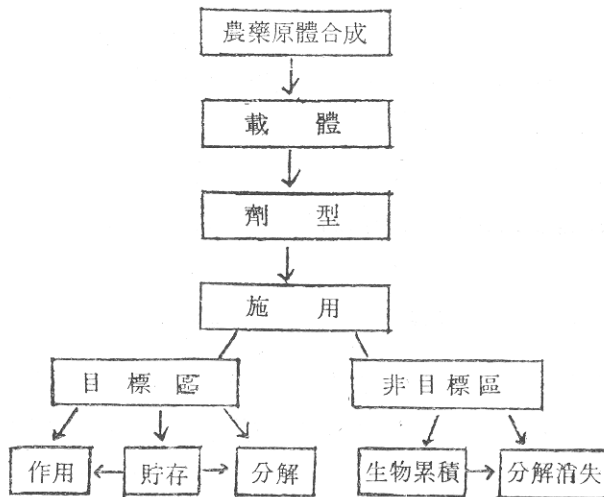
# 農 藥 劑 型 之 設 計

羅 致 遠

臺灣省農業藥物毒物試驗所農藥化學系

## 緒 言

農藥為一種有效控制生物生長的一種物質，通常施用的量極微小以符合經濟利益。因此當一個具有市場價值的農藥開發成功之後，研究人員便要更進一步地研究：如何以最適當的方法，將農藥原體適時、適量、適物地散佈在廣大的特定面積上。這任務的能否圓滿達成則有賴於適當劑型 (Formulation) 的設計 (圖一)。



圖一 農藥原體自合成至其在環境中之轉換途徑

劑型的設計往往因農藥原體之物理化學性、施用對象、環境及工具的方便性而不同。各廠商對於劑型的製作也都有其特殊的技術，因此對此種技術也都列入機密予以嚴密的保護，以免技術外洩而使得其他具競爭性的廠商有機可趁。

在過去，尤其是在 1975 年以前，農藥的研究與發展集中在如何開發新的、更好的農藥原體。但是此種進展，隨着註冊農藥數目的增加而減緩。因為一個新農藥的開發成

功，往往要耗用許多人力、物力與財力，自數以千百計的候選化合物中篩選出來。而且產品註冊之後，還要面臨着一個不可確知的市場。因此新農藥的投資與風險均過大，所以自 1975 年以後，廠商的研究方向就有了新轉變，即如何自舊有的農藥中，再賦以新的配方，使得農藥的藥效與適用範圍均可增加，同時也可降低施藥成本，對於藥害及污染也可減至最低程度。這過程即是使舊農藥再生，也就是本文探討的方向——劑型設計。

例如有些農藥其水溶性好，可直接與水混合製成高濃度的溶液劑 (Solution)，在田間施用時再以水稀釋，這對使用者來說是很經濟、方便的。但是大部份的農藥水溶性低，直接以水作載體 (Carrier)，在實際製作上會有困難。那麼如何改變它，使得在實際施用時能為使用者所接受，即是農藥化學技師努力的方向之一。而現在一般所購買的乳劑 (Emulsifiable concentrates)，可濕性粉劑 (Wettable powders) 等即是努力的成果。

有時，農藥的殘毒性過長，也過強，使得一次施用後，對環境造成一些污染；有時，情形正好相反，農藥的殘毒效果不足，無法達到有效的植物保護，必須在短時間內重覆施用，造成施藥成本增加。這兩種現象都不好。所以如何使得農藥避免污染環境而又保有適當的殘效性，又成了農藥化學師們努力的新方向，而控制釋放劑 (Controlled released formulation) 便又是他們努力的新成果。

因此好的劑型設計，可減少廠商許多支出，而且又為消費者所樂用。所以本文的目的即在提出幾種重要劑型的設計，供各位將來使用或研究的參考。

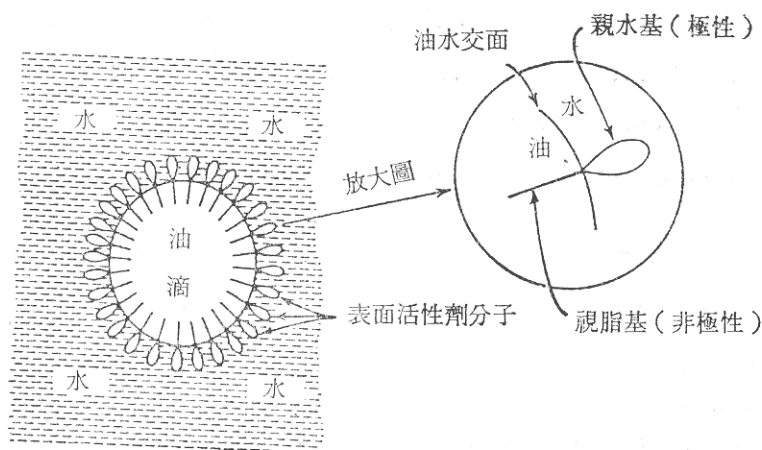
## 劑 型

劑型依其施用形態，大致可分成乾劑 (Dry formulation) 與液劑 (Sprays) 劑如粉劑 (Dusts)、粒劑 (Granules)、誘餌劑 (Dry baits) 等；液劑如乳劑、可濕性粉劑、水懸粉劑 (Flowable concentrates)，溶液劑 (Solution) 等。至於其他的燻蒸劑 (Fumigants)、煙劑 (Smokes)、煙霧劑 (Aerosols)、超微量劑 (Ultralow-volume concentrates) 等等亦佔了很重要的比例<sup>(5,8)</sup>。本文僅就一般使用較多或具開發潛力之乳劑、粉劑、可濕性粉劑、水懸劑、粒劑、制放劑 (Controlled released formulation)，及混合劑 (Mixtures) 等七種<sup>(5,7,8)</sup>加以說明。

### 一、乳劑<sup>(4,7)</sup>

將水溶性低的農藥原體溶於一種或多種非水溶性的溶劑中，並加入乳化劑 (Emulsi-

fiers)，以使得將來在田間施用時，以灌溉水混合稀釋時的效果較好。乳化劑為表面活性劑 (Surface-active agent, 簡稱 Surfactant) 的一種，其化學結構上同時具有親水基 (Hydrophilic group) 及親脂基 (Lipophilic group) 兩種特性，使水可與不相容的有機溶劑 (內含有農藥原體)，經過乳化劑的作用而形成一種乳相的均勻懸浮液 (Homogeneous suspension solution)。正常的情況下，農藥原體先被有機溶劑 (油類) 所溶解，然後再散佈在水中。此時有機溶劑謂之分佈相 (Disperse phase)，水謂之連續相 (Continuous phase)。這種使油在水中 (Oil in water or O/W type) 的乳化劑謂之常態乳化劑 (Normal emulsifier) (圖二)<sup>(4)</sup>；反之，水在油中 (Water in oil or W/O type) 的乳化劑謂之逆相乳化劑 (Inverse emulsifier)。



圖二 表面活性劑與油水的的作用

一般市售的乳劑，依其所含的農藥原體濃度 (%) 的高低，而再分成低濃度乳劑 (10%) 與高濃度乳劑 (80%) 兩種<sup>(5)</sup>。

1. 低濃度乳劑 (Low concentrate liquid)。如二氯松乳劑含二氯松 5%，主要用於家庭之殺蟲劑，供作環境衛生保護之用。如住家、畜養家畜的地區，或是穀倉、水溝等，可以低濃度乳劑直接控制蚊、蟲及一般性的飛蟲及爬蟲等。它的優點是使用方便，買來即可噴用，不再需要混合稀釋。通常農藥的載體是易揮發的溶劑，而且噴用時不產生不愉快的味道，也不會在衣服、傢俱中留下殘斑或污點。它的缺點是成本高，如果以每一容器中所含農藥量與售價來看，價錢太貴，所以不適於一般田間大面積的使用。

2. 高濃度乳劑 (High concentrate liquid)。如巴拉松乳劑 E-8 其所含的巴拉松為 81.3%，本劑主要使用於田間大面積地區，當然也可使用於小面積的住家環境附近。本

劑型使用廣，但使用前應依說明書作適當的稀釋。一般的水壓式噴具 (Hydraulic sprayers)，地面式噴具 (Ground sprayers)，飛行器噴具 (Aircraft sprayers) 及噴霧式吹具 (Mist blowers) 等均可噴用。它的優點是田間施用方便。一小瓶濃縮乳劑，稀釋後可噴施大面積農地，可免除攜帶多瓶的煩惱。但是本劑與水混合後為乳狀懸浮液，因此需要攪拌，以免農藥在噴具內沈出，而自液相中分離，造成農藥濃度的分佈不均，產生藥害及無效的噴施。不過一般農民所使用的低容量背負式噴具尚可提供適當的攪拌。第二個優點則是價格便宜，以每一單位容量中所含農藥藥量與售價來看，它是相當便宜的。

主要的缺點是配藥時要小心。因容易產生藥量過低或藥量過高的問題。如農藥本身毒性高，則也要避免接觸人畜的皮膚及作物的外皮等非目標生物，以免造成災害。如農藥具有高浸蝕性，則對噴具上的橡膠製品造成變性傷害 (Deteriorate)，因此在使用之後，一定要以清水內外沖洗噴具上的管線，或者是以具抗性的新丁二烯橡膠 (Neoprene rubber) 替換易變性的橡膠質材。

在整個乳劑製造過程中，最重要的便是尋找適當的乳化劑 (如表一)，以配合水的

表一 Estimation of HLB by Water Solubility

Action in water	HLB range
Not dispersible	1~4
Poor dispersibility	3~6
Milky dispersion after vigorous agitation	6~8
Stable milky dispersion	8~10
Translucent to clear dispersion	10~13
Clear	13+

施用。一般的乳化劑有四種型態：陰離子型、陽離子型、非離子型與不定型 (Ampholytic)<sup>(2)</sup>。較常用的為非離子型。乳化劑的目的是改變油性農藥在水與油性溶劑間的平衡，也就是調整水與農藥及油性溶劑間的平衡，謂之 HLB (Hydrophile-lipophile balance)。HLB 值由 0~20，數值愈高的乳化劑與水的親和力強，數值愈低，則親脂性愈強 (表一)。一般的界面活性劑其 HLB 值在 3~6 之間可用作逆相乳化劑的界面活性劑 (W/O type)，其 HLB 值在 7~9 附近可用於吸濕劑，在 8~18 之間則用於常態乳化劑 (O/W type) 如表二所示。

非離子型表面活性劑的 HLB 值之計算可依下列的公式計算<sup>(2)</sup>：

表二 Relationship between HLB and Surfactant End Use

HLB number	Application
4~6	Emulsifiers for W/O systems
7~9	Wetting agents
8~18	Emulsifiers for O/W systems
13~15	Detergents
15~18	Solubilizers

## (1) Polyoxyethylene of fatty acid

$$HLB=20\left(1-\frac{S}{A}\right)$$

S：為脂類的皂化值 (Saponification number)

A：為酸類的酸值 (Acid number)

例如 Glyceryl monostearate 親脂性強，親水性弱，其皂化值為 161，酸值為 198 則  $HLB=20\left(1-\frac{161}{290}\right)=3.7$ 。又如 Sorbitan monolaurate  $S=164$ ,  $A=290$  則  $HLB=20\left(1-\frac{164}{290}\right)=8.7$ 。

(2)但是對於大多數的脂肪酸脂類而言，不太容易求得正確的皂化值數，因此上列公式又可簡化成：

$$HLB=\frac{E+P}{5} \quad HLB=\frac{E}{5}$$

E 為 Oxyethylene 的重量百分比。

P 為 Polyhydric alcohol 的重量百分比。

(3)如果親水基部份祇有 Ethylene oxide 則對於 Polyoxyethylene-fatty alcohol condensates 的 HLB 值計算等更可簡化成：

例如一個含有 75 wt% ethylene oxide 的 Polyoxyethylated fatty alcohol 其  $HLB=\frac{75}{5}=15$

(4) HLB 的計算也可用分佈係數 (Partition coefficient) 估算  $HLB=7+0.829 \log (C_w/C_o)$ ，其中  $C_w$  為表面活性劑在水中的量， $C_o$  為表面活性劑在油中的量。

表面活性劑的使用，如為單體使用則可降低成本，但效果較二種表面活性劑的混合

使用效果差。而複合使用是如何來決定其所需要的 HLB 值？最簡單的方法是查文獻是否已有方法可資參考。如無則要由製劑者來決定所希望的溶液性質，如乳化劑型的成品希望是常態型乳相則 HLB 可在 8~18 之間，並且要注意成品的貯存安定性。如表三所示，由表中，知選用 Arlacel 80 (HLB=4.3): Tween 80 (HLB=15.0)=2.1 : 4.9 的混合 HLB 與其溫度安定性均合於要求。

表三 Trial of several blended surfactant pairs in the proposed formula might produce the following results

Surfactant pair	Ratio	HLB	Stability <sup>a</sup>		
			Room temp.	At 50°C	Freezethaw
Arlacel 40-Tween 40 (palmitates)	3.5 : 3.5	11.1	×	×	×
	2.8 : 4.2	12.0	0	×	0
	2.1 : 4.9	12.9	0	×	0
Arlacel 60-Tween 60 (stearates)	2.8 : 4.2	10.8	0	×	0
	2.1 : 4.9	11.8	0	×	0
	1.4 : 5.6	12.8	0	×	0
Arlacel 80-Tween 80 (oleates)	2.8 : 4.2	10.7	0	×	×
	2.1 : 4.9	11.7	0	0	0
	1.4 : 5.6	12.8	0	×	0

<sup>a</sup> Key: 0, stable; ×, unstable.

## 二、粉劑、可濕性粉劑、水懸粉劑與粒劑<sup>(5,7)</sup>

粉劑、粒劑為乾劑，可濕性粉劑與水懸粉劑為液劑，其中較早出現的是粉劑，但由於粉劑的一些缺點，使得粉劑的應用受到限制，所以隨後有改良的可濕性粉劑與水懸粉劑的生產，但此二種新的劑型仍有缺失，以致粒劑又興起。無論其配方如何有不同。但基本原理都很近似。即是將農藥原體塗佈 (Coating) 或孕含 (Impregnated) 在一些特殊的載體上。此載體通常分成二類：(1)無機礦物質材，如高嶺土與蒙特石等；(2)生物質材 (Botanical materials)，例如用在誘餌劑上的玉米粉等<sup>(7)</sup>。

無論載體質材如何，其通常總有 6 點要考慮的：

1. 吸附性。要能吸附農藥，也能遇水而釋放其中所含農藥。例如巴拉刈如選用粘土作吸附體，則巴拉刈就很難再釋放出來。
2. 鈍性。避免吸附質材與農藥化學物起作用，致原有的有效型態改變，而無法達到預期的效果。

3. 相容性。質材與農藥原體混合後，在長時期貯存之後，仍然保有良好的物理化學性。
  4. 經濟性。質材要便宜，並且要很方便即可取得，如此可降低成本。
  5. 粒子大小。避免過細，致噴用時易產生噴散 (Drift) 現象，而傷害到非目標區的生物；也要避免過大到不易混合均勻，使得農藥分佈不均。
  6. 硬度。太硬則製劑時，機器不易研磨；太軟，則運送時容易破碎。
- 以上是質材的基本選擇方向，現再分述此四種劑型。

#### (1)粉劑：

粉劑主要用於缺水地區，或避免用水的場合。在臺灣缺水的情形不多，因此粉劑用於環境衛生用藥的較多。例如日常所見的衛生人員在住家附近的樹、地面或建築物上噴用，如衛生人員將農藥混合着水，像澆花般各處澆灑，是會引起抗議的。再如垃圾掩埋場之消毒工作，在垃圾中已含有大量污水，所以不必再另外噴用液劑。

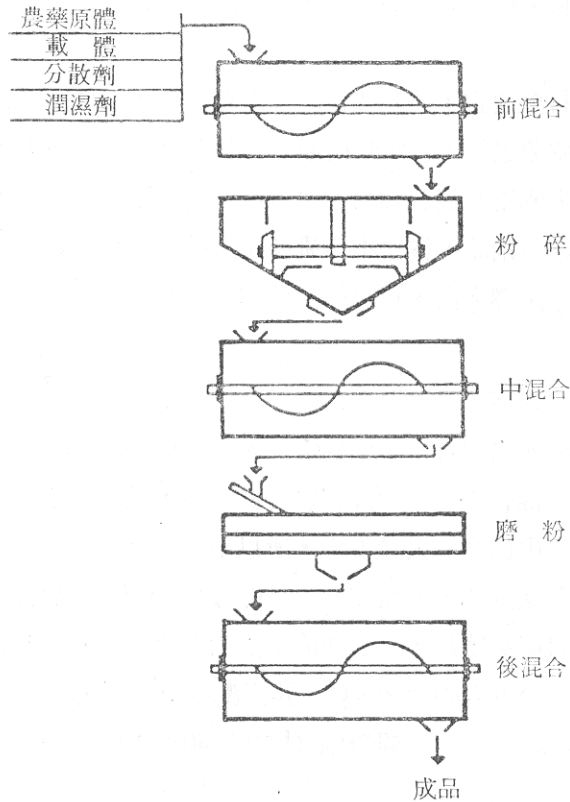
通常粉劑含有的農藥量低，大概在 0.5~10% 之間，有時也有高至 50% 以上的高濃度配方。低濃度粉劑可直接使用，高濃度的則要稀釋後使用。例如美國永備公司 (Union Carbide) 所生產的賽文粉劑 (Sevin dust)，其高濃度粉劑含農藥原體加保利 (Carbaryl) 50.5%，及蒙特石 49.5%。其田間粉劑 (Field strength dust) 則含賽文高濃度粉劑 10.2%，蒙特石 9.8% 及高嶺土 80%。

粉劑的製作與可濕性粉劑的製作 (圖三) 近似。為將農藥原體以適當溶劑溶解，再與具有良好特性的質材混合經包覆或研磨等過程而成高濃度粉劑。如要稀釋則以相同載體稀釋之。

一般國外粉劑的規格是 98% 以上的粒子要能通過 150  $\mu\text{m}$  的篩子 (國內為 90% 以上的粒子通過 71  $\mu\text{m}$  的篩子)。但在實際過程中，可能有過半數以上的粒子比 10  $\mu\text{m}$  小，而低於 30  $\mu\text{m}$  的粒子也可能占有 90% 以上。如粉劑大小在 10  $\mu\text{m}$  下，其本身對昆蟲亦具殺傷力，為物理性殺蟲，因此在某些情況下施用粉劑，可同時具有物理與化學二種傷害力。但是在風力較強的地區施用粉劑，則易致噴散現象，通常只有 10~20% 的粉劑落於目標區上，而 80~90% 則噴散在非目標區上，以致對非目標生物造成傷害。因此今日粉劑侷限於非田間性施用，或環境衛生或種子貯存。

除了噴散現象外，粉劑的其他特性如下：

(a) 粉劑小，附着於目標區的機會大。曾有人估算：如將一個 10  $\mu\text{m}$  大小的粒子自目標區搖落所需的力大概是  $5.0 \times 10^6 \text{ G}$ ；而搖落一個 100  $\mu\text{m}$  大小的粒子所需的力則為  $4.0 \times 10^4 \text{ G}$ 。粒子大小僅差 10 倍，而固着力就差了 100 倍。



圖三 可濕性粉劑的製造

(b)粉劑小，易被大雨淋失。但這也有好處，例如有些米、水稻等害蟲，生活在葉莖的交面處，如粉劑施用在葉面上，會隨着雨水沖入該交面處，而可殺死該類害蟲。因此如在風速小（ $<4$  公里/小時）的清晨，又有露水配合粉劑，則效果也是很好的。

(c)貯存粉劑要注意防潮與結塊。因臺灣多雨，貯存處易潮濕，易使粉劑潮化與結塊。

(d)一般的粉劑包裝使用低濃度粉劑，可直接施用，倒也方便。

(2)可濕性粉劑與水懸粉劑：

由於粉劑施用的限制多，因此新的改良粉劑如可濕性粉劑與水懸粉劑便產生了。這二種粉劑以可濕性粉劑在製造上較方便。

在基本上二者均須經過混合與研磨的過程，使得農藥原體與其他組成物混合均勻，並可減小粒徑，因粒徑愈小，則水溶液的懸浮性、噴出性及在目標區駐留的時間均可增加，而增強了藥效。所製成的粉劑，最好能在短時間內（通常為2分鐘）可進入水中（國內的標準為五分鐘），在潤濕後可成均勻懸浮液而不結塊，以避免噴具阻塞及農藥分佈不均。

一般而言，可濕性粉劑其水溶液之懸浮性不如水懸粉劑水溶液之懸浮性好。所以可濕性粉劑懸浮液在施用前需要攪拌，否則會發生農藥沉出的現象；而水懸粉劑的懸浮液較安定，可在一定時間內維持很好的分散性及懸浮性，因此在短時間內施用，可不必攪拌。

#### (a)可濕性粉劑。

基本上為三種物質所組成：農藥原體，鈍性填充劑(Inert filler)，以及表面活性劑，例如在一般場所禁用，但在瘧蚊防治上仍為世界衛生單位所使用的75%滴滴涕(DDT)可濕性粉劑，其中含DDT 76.5%，填充劑 20.5%，吸濕劑 1.5%，及分散劑1.0%。吸濕劑可增加農藥與生物表面的附着性，分散劑則可使得農藥粒子在水中均勻分散不結塊。

在臺灣，主要的噴施工具為背負式，本身即缺乏足夠的動力源作攪拌，因此使用懸浮性較差的可濕性粉劑時，在調配的量上要注意，避免裝得太滿，而且稀釋後，在短時間即噴完，以避免農藥沉出。又由於可濕性粉劑粒子通常小於  $44 \mu\text{m}$ ，而小於  $5 \mu\text{m}$  的也不少，因此噴施時也要防止這些小粒子噴到臉部，而使得呼吸道受到傷害。

#### (b)水懸粉劑。

其製造過程大概與可濕性粉劑相同，不同的是：(i) 農藥原體為低水溶性的固體。(ii) 水懸粉劑除了吸濕劑與分散劑外還加入了消泡劑(Antifoam)，粘稠劑(Thickener)等；有時還加入防凍劑(Antifreeze)，防腐劑(Preservative)及抗凝劑(Antiagglomerating agent)等，以提高水懸粉劑對環境中溫度等變化的安定性，增加與目標物間的附着性，及調整溶液分子彼此間的懸浮性與粘度。

水懸粉劑中所用的數種表面活性劑中，最好至少有一種要帶有電荷，如此可使得水懸粉劑的微細粒子( $2\sim 10 \mu\text{m}$ )的表面因電荷互斥，而增加分散性。

水懸粉劑與可濕性粉劑比較，其最大的優點便是貯存的安定性較好，所以較適合長時期(二年以上)的貯存。現在，也有許多農藥公司正投注心力開發此種新劑型。

水懸粉劑與可濕性粉劑其他優點為：製造成本低，較乳劑易貯存，運送及處理。對施用者的毒性較其他液劑低(因液劑可由皮膚吸收，而粉劑則皮膚吸收性小)，但對施用者有較高的吸入危險，因兩者中粒子有的很小，所以配製時要水心。

#### (3)粒劑<sup>(5,7)</sup>。

可濕性粉劑與水懸粉劑雖然使粉劑因風所引起的噴散現象減低了許多，但粒子過細仍然是缺點，所以較大型的粒劑( $80\sim 2360 \mu\text{m}$ )便又興起。

在基本上粒劑的製作與其他粉劑大致相同，祇是粒徑較大。粒劑主要是乾施法，即將乾的粒劑施入土中或水面，藉水的作用將粒劑分裂成與可濕性粉劑，或水懸粉劑般大

小的粒子，再逐漸將其中的農藥釋放出來，因此在設計上融和了粉劑與緩慢釋放兩種設計。

一般的粒劑主要為土壤處理，即將粒劑施入土中，以用來控制生長在其中的害物活動。粒劑亦可用作水面處理，例如水田中雜草的防除。

粒劑的優點是 (i) 放置的位置可以很準確，所以不必全面噴施農藥，而可節省農藥的消耗量。(ii) 較易處理高毒性的農藥。田間使用的農藥，如為高毒性、高濃度液劑，則在稀釋時如不慎接觸皮膚，或經由口中進入消化道，均會造成很大的傷害。(iii) 粒劑中農藥含量通常不高，例如殺蟲劑得滅克 10%粒劑，除草劑丁基拉草 5%粒劑等，可不必再經稀釋而直接施用。(iv) 粒劑可與其他粒劑的農藥、肥料或種子共同施用，而減低施用成本。

主要的缺點是施用粒劑的機器較背負式噴具貴，不過在臺灣，粒劑的施用主要是靠手與經驗，雖然經濟方便，但施藥量不易控制得好，而且施藥的位置也較粗放。

### 三、控制釋放劑<sup>(3)</sup>

控制釋放劑是劑型設計中較新的，在將來，此種新劑型在植物保護與環境污染防治上會逐漸扮演一肯定的角色。

控制釋放劑是借助制放技術，將一個具有生物活性的物質，在適當的時間長度，在特定的目標區，放出適當的農藥藥量，以達到適當的害物控制。例如有些農藥在環境中極易分解，須多次施用，導致成本增加。如一次施用大量，則會造成藥害與環境的污染。因此應用制放技術即可解決這個問題（圖四）。但是釋放技術在設計上較複雜。必須先了解農藥可能使用的場合，或環境的一些基本資料，例如濕度、溫度、日光強度、酸鹼度、水質、土質與生物活動狀況等，以提供較準確的釋放過程。

控制釋放與延長釋放不同。例如一般的粒劑，施入環境中，農藥的釋放量與時間是不可控制，而經制放設計的農藥製劑，其農藥的釋放量與時間都可預估控制，以避免殘留時間過長而污染環境，或是達到有毒藥量，造成藥害，或是缺乏足夠的防治力（圖五）。

好的制放設計心須至少要有下列基本基料：(i) 適當藥量的需要時間。(ii) 藥劑在進入環境中及生物體內被分解的機構與速率。(iii) 藥劑在生物體中運送之機構與速率。(iv) 在環境中或生物體內可否因分解或其他的轉變而形成惡性的側面效果。

在所有控制釋放劑中最著名的是 PENNCAP-M<sup>®(3)</sup>。它是將甲基巴拉松 (Methyl parathion) 包裹在微膠囊內 (Microcapsules)。膠囊的壁厚 (Wall thickness)，通透性

EFFICACY OF KNOX OUT 2 FM vs.  
DIAZINON ON BLATTELA GERMANICA.

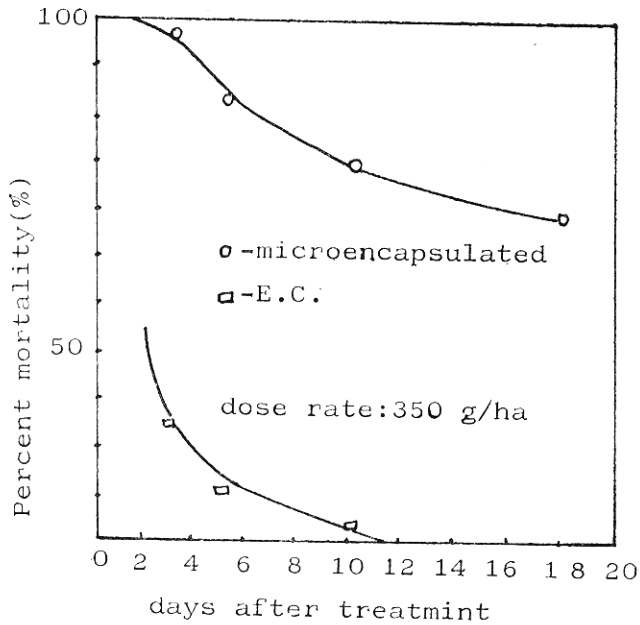
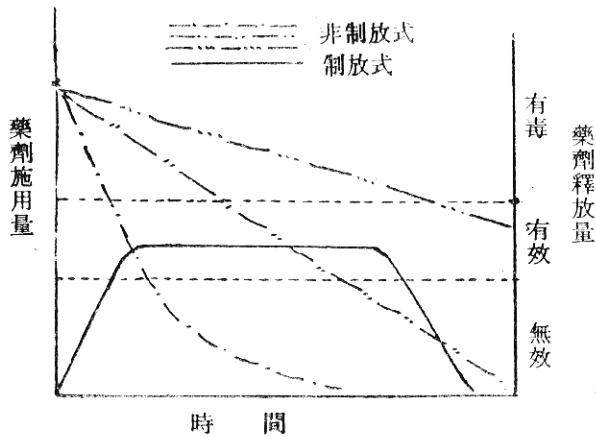


圖 四



圖五 制放性與非制放性藥劑之釋放情形比較

(Permeability) 等，都事前經過仔細設計與實驗的支持，以保證這殺蟲劑，在一個相當長的時間內都能以一個穩定的速率將一定量的甲基巴拉松釋放出來。其結果是將一個極易被分解失效的農藥，轉變成具長效性的農藥（表四）。而且因是控制釋放，所以對周圍的非目標生物（包括人、畜等）的毒性也大為減低（圖六）。例如甲基巴拉松的乳劑

表四 Control of *Heliothis Zea* by Pennicap M® and M. Parathion

	Degree % of cross linking of capsule wall	Dose a. i. kg/ha	% mortality of insects placed on the plant after the number of indicated days														
			0	2	3	4	5	7	10	11	13	16	17	20			
Pennicap M®	0	1.12	100	96	76	25	0										
	10	1.12	100	100	96	60	24										
	25	1.12	100	100	100	100	72										
	50	1.12	100	100	100	84	56										
M. Parathion E. C.		1.12	94	60	16	4	0										

DEGRADATION RATES, METHYL PARATHION E.C. vs. PENNCAP M ON GLASS PLATES

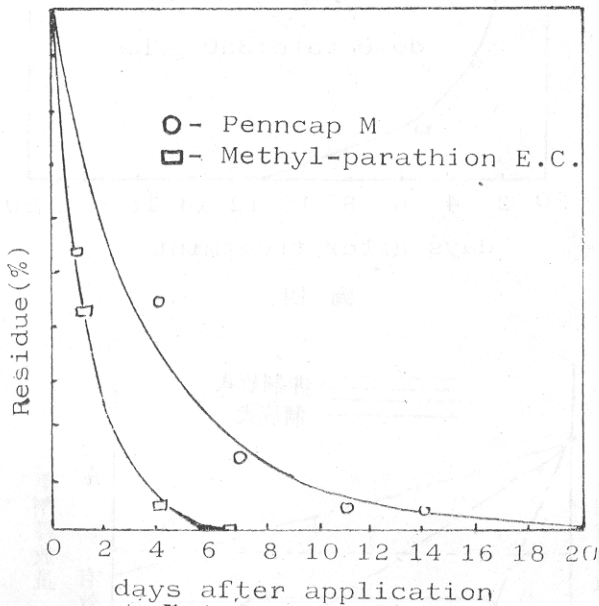


圖 六

其對老鼠的急性口服毒半數致死量 ( $LD_{50}$ ) 是 10 mg/kg，而其膠囊劑的  $LD_{50}$  則大於 60 mg/kg。再如大利松 (Diazinon)，其  $LD_{50}$  更由乳劑的 300 mg/kg 提高至膠囊劑 (Knox out 2 FM®) 的大於 4830 mg/kg<sup>(3)</sup>。(表五)

控制釋放劑的其他優點還包括：(i) 減少作物遭受農藥的傷害。如甲基巴拉松的乳劑會傷害蘋果樹，但其膠囊卻不會。(ii) 對害蟲的天敵，也就是一般所謂的益蟲的傷害性減少。因此對於農藥的 IPM 管理計畫 (Integrated pest management) 是很有幫助的。(iii) 減少因蒸發或光分解作用的損失。

此劑型的缺點與一般劑型不同。一般劑型的缺點是在藥劑施用上的缺點，而控制釋

表五 Mammalian Toxicity of Encapsulated Insecticides

Products	LD <sub>50</sub> mg/kg (on 100% active ingredient basis)	
	Acute real rat	Acute dermal rabbit
Methyl parathion		
—Emulsifiable	10	100
—Encapsulated (Pennacap M) <sup>®</sup>	60	1200
Ethyl parathion		
—Emulsifiable	13	35
—Encapsulated (Pennacap E) <sup>®</sup>	≥115	≥1200
Diazinon		
—Emulsifiable	300	285
—Encapsulated (Knox out 2 FM) <sup>®</sup>	≥4830	2300

放劑的缺點則來自設計上的限制。因其設計都來自特定的環境與生物對象，因此在適用性上受到限制，往往因環境或生物對象改變，而影響到控制釋放劑的預期效果。

#### 四、混合劑

一般的混合劑指的是農藥與農藥的混合，或是農藥與肥料的混合，這方面的資料已有很多發表，所以本文研討的是兩種較特殊且性質正好相反的混合劑。第一種是農藥與協力劑 (Synergist) 的混合，此主要用於殺蟲劑。協力劑本身在正常情況下不具毒性，但是在與農藥混合後，對於該農藥的藥效却有增強作用 (Enhancement)。例如較為人知的除蟲菊精殺蟲劑 (Pyrethrin) 與協力劑 PB (Piperonyl butoxide) 的混合可增加除蟲菊精的除蟲效果<sup>(4)</sup>。第二種是農藥與安全劑 (Safener) 的混合，此主要用於除草劑，至今主要的市場仍在美國。安全劑本身在正常情況下對植物不具有毒性，但在與農藥混合後，却使得原來可為該農藥所傷的作物免於傷害。例如除草劑 EPTC 會傷害玉米，而不能用於玉米田除草，但是與安全劑 R-25788 共同施用後，則玉米生長正常而受到傷害，而且雜草的防除效果仍然很好，(如圖七、八) 使得除草劑 EPTC 得以獲准施用於玉米田 (須與 R-25788 混合施用，其混合比為 EPTC : R-25788 = 12 : 1，其商品名為 ERADICANE<sup>®(9)</sup>)。

## 結 語

農藥劑型的設計對於一個農藥的成敗影響很大。一個不好的劑型設計會使得一個農藥損失許多藥效，或是增加一個農藥的藥害，兩者均會減低農友購用的意願。但是一個

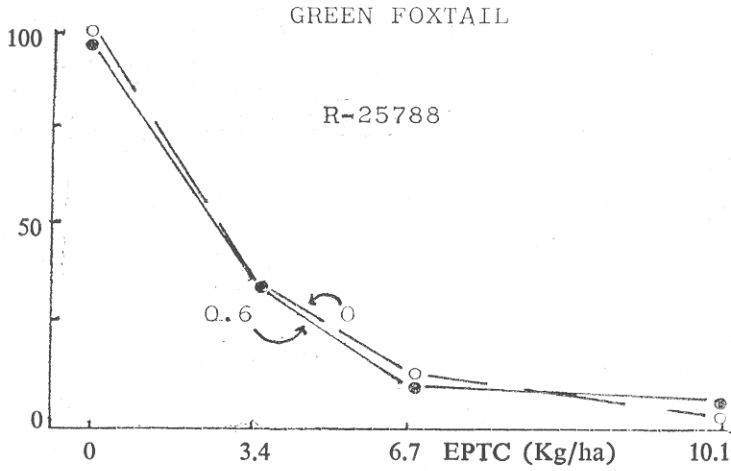


圖 七

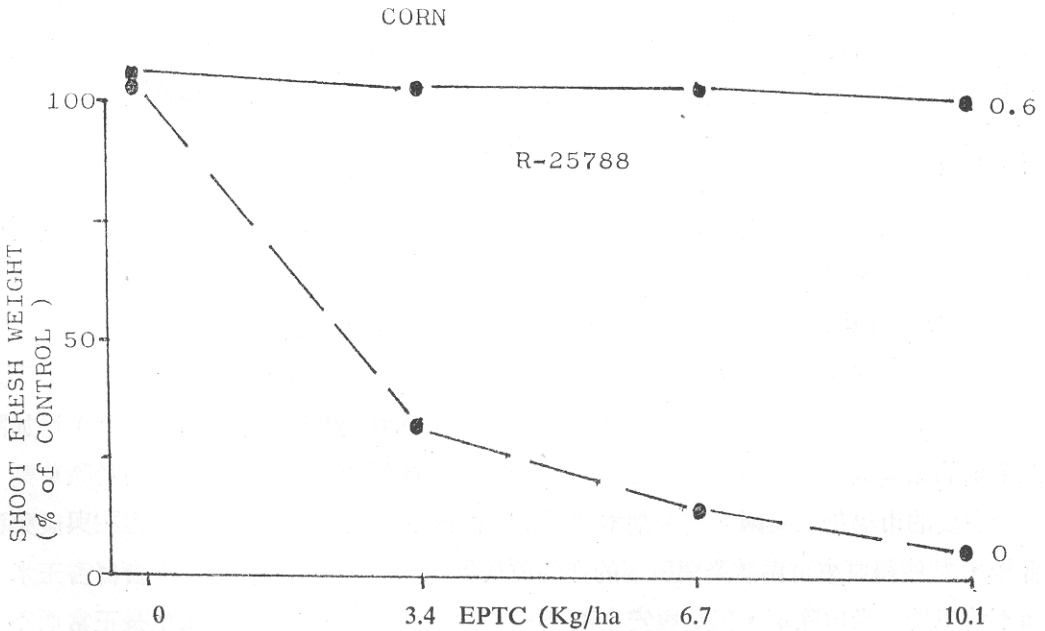


圖 八

Comparative activity of R-25788 in soil as safener for EPTC toxicity in corn or green foxtail. Rates of application were 0 and 0.6 kg/ha for R-25788.

好的設計，却可能提高農友的購用意願。但是一個好的設計，却可能提高農友的購用意願，因為好的劑型可使農友施用方便，施用次數減低，而且又可適時、適量、適物地發揮藥效。因此農藥藥劑已漸為各主要農藥公司所公認為一種值得開發的技術。其原因即在：「好的劑型設計可為大家帶來利益，而錯誤的設計會導致市場的喪失。」

## 參考文獻

1. KILINGMAN, G. C. and F. M. ASHTON (1975) Weed science. J. Wiley and Sons.
2. LISSANT, K. J. (1974) Emulsions and Emulsion Technology. Marcel Dekker.
3. LOWELL, J. R. (1979) Aug. Paper presented at the IX International Congress of Plant Protection. Washington, D. C. U. S. A.
4. MATSUMURA, F. (1976) Toxicology of Insecticides. Plenum Press.
5. MATTHEWS, G. A. (1979) Pesticide Application Methods. Longman Group.
6. PALLOS, F. M. and J. E. CASIDA (1978) Chemistry and Action of Herbicide Antidotes. Academic Press.
7. VALKENBURG, W. V. (1973) Pesticide formulations. Macrcel Dekker.
8. WARE, G. W. (1978) The pesticide book. W. H. Freeman and Company.
9. Weed Science Society of America (1983) Herbicide Handbook.