

# 世界農藥研究發展趨勢

摘要：過去的農藥發展，以提高作物產量為重點，現在與未來的發展，則以人類及環境的安全為目標。為了達到這個目標，農藥主成份必須具有低毒性、低用量、高藥效與高選擇性等各項特性，這有賴化學、毒理學與生物學的充分配合，才能設計出合乎上述各項要求的農藥主成份。除了主成份之外，農藥劑型的改良也可促進安全，粒劑、可濕性粒劑及水懸劑是應該推展的劑型，而粉劑、可濕性粉劑及乳劑則是應該抑制，甚至取消的劑型。控制釋放劑型具有多項優點，是農藥劑型發展的主要趨勢，惟其所用之高分子材質應改用可被生物分解的材料。生物藥劑、植物基因工程與新的農耕技術也應該同時被推廣，以減少農業生產對化學農藥的依賴性。

## 前 言

農藥在提高農產品的數量與品質方面佔有重要的地位，使用農藥的好處可概述如下：

- 一、容易使用而效果顯著。
- 二、已發展多種農藥，可依狀況需要選擇使用。
- 三、可節省人工而使農產品成本降低。

但是除了優點以外，農藥也會導致一些不良的後果，這些反效果可歸類成兩種：

一、農藥本身所含有的毒性，可能使人在施用農藥時受到傷害，作物中過量的農藥殘留可使人取食後中毒，也可能污染土壤、水及空氣。

二、使用農藥雖然大量地消除病蟲草害，卻也因此影響了自然的平衡而破壞農業生態，其結果將十分複雜，其中之一便是抗藥性的病蟲草類逐漸出現，需要用新的方法來防治。

---

臺灣省農業藥物毒物試驗所技術專刊第46號。

本文發表於農藥安全研討會，民國八十一年十二月三～四日，國立臺灣大學，臺北。

世界人口現已超過50億人，估計下世紀時人口將到達100多億，而全世界之可耕地卻由目前之15億公頃逐漸遞減當中，為了確保食物供應足夠，可耕地的單位產量仍需提高，所以農藥使用雖然有負面效果，但是在其他防治方法尚未發展成功以前，使用農藥仍是無法避免的。當今趨勢是一面發展生物科技，一方面則應積極改進以化學品為主之農藥，使其對人類及環境的安全性儘量的提高。

本文將針對人類和環境安全方面的考量，來概述農藥的研究發展，而且將從藥效主成份之發展和製劑之改進兩方面分開討論，也會介紹綜合防治方法 (Integrated Pest Management) 及生物科技 (Biotechnology) 在農藥方面之重要性。

### 藥效主成份之發展趨勢

對人類及環境均無安全危害的農藥，必須具備低毒性、低用量、易分解、有選擇性的特質。世界各國主要的農藥公司都在朝這些方向進行，茲概述如下：

#### 一、降低毒性

高毒性的農藥在各國逐漸被淘汰禁用，所以新農藥在研究發展階段，即經由篩選方法摒除對哺乳類動物具有高度急毒、慢毒、致癌性、致畸形性之農藥，只讓低毒性且對防治對象有高效性的主成份上市。表1. 列出了一些殺蟲劑來比較他們對哺乳類及對蒼蠅的毒性比較，以顯示出殺蟲劑之發展趨向。除了農藥的口服及皮膚性是研究的重點以外，對眼睛及呼吸毒性也列為必要的檢測項目，最近更開始注重農藥對非目標生物的毒性，例如蜜蜂、鳥及水生生物均已列入保護範圍，農藥低毒性的目標範圍也大大增加。

表1. 殺蟲劑的相對毒性

	半數致死量 (mg/kg)		安全性比例 A/B
	老鼠 A	蒼蠅 B	
巴拉松	3.6	0.9	4
滴滴涕	118	2	59
撲滅松	570	2.3	248
百滅寧	1500	0.7	2,143
克福隆	>8500	0.24	>35,416
methoprene	>34600	0.02	>1,730,000

## 二、高藥效

使用高藥效的農藥自然可以降低用量而減少在作物及環境中的殘留農藥，具高藥效的主成份通常具有相當複雜的化學結構，從表2.中可看出這個趨勢。現在發展新的農藥主成份都朝著複雜分子結構的方向去研究。其目的除了高藥效以外，還期望達到高選擇性，以免傷害到非目標的植物或動物。複雜分子結構之另一個好處是容易分解，比較不會累積在自然環境中造成殘留過量的問題。

表2. 農藥的單位面積施用量 (Kg-a.i/Ha)

二氯丙烷	400	Paraquat 巴拉刈	1.2
Swep	9	Fenvalerate 芬化利	0.2
Thiobencarb	5	Bensulfuron methyl	0.05
Fenitrothion 撲滅松	3.6	Teflubenzuron	0.02
Cartap 培丹	1.6	Chlorsulfuron	0.01

另一個提高藥效的方法是，將舊有農藥中真正帶有生物活性的化合物抽出做為主成份，而排除其他不具生物活性的分子化合物。最常見的例子是除蟲菊精，由於此類分子中帶有1~4個非對稱碳原子 (chiral centers)，所以每一個除蟲菊精分子均是由2~16個不同的同分異構物所組成的混合物，其中只有一個是真正具有藥效的化合物。舊有的有機

合成方法所生產出來的農藥原體大都為混合物，而新的趨勢則為採用特殊的合成方法，只製造某一真正具有藥效的分子，再加以小心的配方，使此原體在製成成品時不致於轉化 (racemize) 成其他不具藥效的同分異構物。下面列出一些已上市之此類農藥產品，其用藥量均比舊有的產品低而仍能維持應有的藥效。

殺蟲劑：

Alpha-and beta-cypermethrin, Acrinathrin, Deltamethrin, Lambda-cyhalothrin, D-tetramethrin, Esbiothrin, Sumithrin, Esfenvalerate.

殺草劑：

Mecoprop-P, Dichlorprop-P, Fluazifop-P-butyl, Fenoxaprop-P-ethyl.

殺菌劑：

Blasticidin-S, Diniconazole-M.

植物生長調節劑：

Uniconazole-P

Ciba-Geigy所發展的一種農藥 methyl N-(2-chloroacetyl)-N-(2,6-xylyl)-alaninate 是兩個光學同分異構物 (R and S isomers) 的混合物，其R isomer 是殺菌劑，可以控制葡萄露菌病，而S isomer 則為殺草劑，可控制8種禾本科草類，如果交換對象施用則全無效果。由此可見一個化合物之各同分異構物間的生物活性可能迥然不同，應該視其所長而施用。

三、基於生物原理而設計主成份結構

過去發現農藥主成份的方法是以盲目合成製得一個化合物，或是模仿已知農藥製造類似結構的化合物，兩者均需經過實地生物測試以確定其生物活性。新的方法是以防治對象體內的某一個酵素或作用位置 (receptor) 為目標而設計主成份，生物活性之測試就是在試管中觀察酵素或作用位置是否被主成份所抑制。這項新技術必須靠著分子生物學與

有機化學充分配合，加上X-Ray晶體測量與核磁共振技術（NMR），而後以電腦來設計主成份應具備之化學結構，再由化學人員去合成，這樣製造出來的農藥，較易達到高藥效、低毒性及絕對選擇性的最終目標。

## 劑型的研究發展趨勢

農藥最常見的劑型為粉劑（dust）、可濕性粉劑（wetable powder）、粒劑（granule）、乳劑（emulsifiable concentrate），及水懸劑（suspension concentrate）。農藥劑型也和農藥主成份一樣，不斷地在改進中，其改良的目標大約可歸納為：（一）降低毒性，促進安全；（二）防止環境污染；（三）增加藥效；（四）節省施用之勞工；（五）降低配方成本。下面就各個常用之劑型在改良時應做之研究發展逐一敘述。

### 一、粉劑（Dust）

在施用時易飛揚而對施用者之呼吸造成傷害，也會因隨風飄流而污染到非目標的地區，改進的方法應將粉劑的顆粒平均尺寸由 $10\mu\text{m}$ 提高到 $30\mu\text{m}$ 左右，這個劑型將來被取消的可能性很大。

### 二、可濕性粉劑（Wetable Powder）

在被施用者加入水中時，也會因飛揚而進入施用者的肺部，這種劑型也將逐漸地被淘汰，目前使用此劑型的農藥產品應被改良而變成可濕性粒劑（water dispersible granule）或水懸劑（SC），也可以用水溶性薄膜來做為可濕性粉劑的包裝，以完全排除其粉末飛揚的缺點。現在已經以水溶性薄膜做為包裝的產品有ICI的Ambush 25W、Du Pont的Lexone DF及Ciba-Geigy的Cotoran DF。

### 三、乳劑（Emulsifiable Concentrate）

現有的乳劑具有相當多的缺點，其使用的有機溶劑本身即帶有毒性，也容易對作物造成藥害，這些溶劑大部分為可燃性，不論是在農藥產品的製造、運輸、儲存及施用時，均有失火的危險，產品操作時處理不當而翻溢時，難以回收而污染土壤，施用後也會因蒸發而污染空氣。又

這種液體劑型所需要之容器多為金屬或塑膠製品，使用後容器之廢棄也是重大問題，所以乳劑之劑型應針對上述各缺點逐一解決。有機溶劑應改用高沸點、高燃點之非芳香烴類，或根本排除有機溶劑而改良為水懸浮液 (emulsion in water, EW)、微乳劑 (microemulsion) 或高濃度乳劑。容器應採用可以回收使用的塑膠或金屬筒，或是採用水溶性塑膠容器，可以連配方產品一起放入稀釋水中噴灑。可能的話，應將其改變成固體劑型，用紙袋做為產品的包裝。

#### 四、粒劑 (Granule) 及可濕性粒劑 (Water Dispersible Granule)

此兩種劑型為目前在安全方面最理想的劑型，前者為直接使用，後者為稀釋在水中噴灑用，兩者均是針對固體的原體所設計的劑型，但是最近有許多液體原體也開始採用這兩種劑型而以載體 (carrier) 之吸附作用為原理。可是因為吸附之極限而使濃度不易提高，一般只能在5%~20%之間，如何提高此類劑型的濃度將是日後研究的重要之一。

#### 五、微膠囊劑型 (microencapsulation)

可將液體的原體或是固體原體之溶液包在微膠囊中而形成水懸浮劑型，與水稀釋而噴灑使用，這些微膠囊在作物上具有控制釋放的效果，以降低用量，減少施藥次數。微膠囊之水懸浮劑型也可轉換成如粒劑或可濕性粒劑等類之固體劑型，使施用方法的選擇性大為增加，也提供了由液態原體製成高濃度之固態劑型之可能辦法之一。此類型的商品例子有PennCap M (主成份為甲基巴拉松) 及Knox Out (主成份為大粒松)。其它的控制釋放劑型也有良好的效果，包薄膜式 (coating) 劑型為粒劑之表面噴上一層高分子薄膜而成，間質式 (matrix) 劑型則是以高分子為載體，而以原體為間質的一種劑型。高分子農藥是將農藥主成份以化學鍵與高分子結合而成的一種控制釋放方式，藉著高分子的分解作用，主成份得以被釋放出來。目前控制釋放劑型所使用的高分子大都為不易分解的聚氯乙烯、聚酯、聚醯胺或聚尿素，將來應使用可被生物分解的高分子來取代，例如纖維素、澱粉、樹膠 (lignin)、polylactic acid 及 polyglycolic acid 等。

## 六、混合劑型 (Pre-mix)

同一劑型內含有兩種以上的主成份已經越來越多，研究發展時需注意各主成份在物理及化學的安定性上是否能互容 (compatible)。若主成份皆為液體或皆為固體時，較易解決混合劑之劑型問題，但若一為液體，一為固體時，則需採用懸浮乳劑 (suspoemulsion) 的劑型，此劑型為水懸劑 (SC) 及乳劑 (EC) 之混合物，需由精準的配方及特定的製作過程才能完成。

## 綜合管理方式 (Integrated Pest Management)

新的作物保護技術是綜合地使用了物理、化學、生物及農業上的各種方法來保護農作物，減少化學農藥的使用量。在物理方面，是利用準確的氣象預測、完整的病蟲害資料及精密的農耕機械來控制施藥。農業方面則是採取輪耕、水耕及溫室栽培等新的方式來配合。至於有關化學及生物方面，新的技術可以歸納成幾類，茲敘述如下：

### 一、生物調節劑

包括了昆蟲生長或行為調節激素、新陳代謝控制素、誘餌劑，此類藥劑在病蟲草害三方面均有成效。

### 二、植物基因工程

由基因工程而產生一些可以抗農藥或可以抗病害、蟲害的作物，也可發展出可抗冷熱、乾旱之新作物。

### 三、生物技術

由微生物技術所產生的蘇力菌，對人畜及環境均無危害，其選擇性高，不會影響到非目標生物。其他將逐漸推廣的微生物藥劑還包括了細菌、病毒、霉菌、線蟲類等，均是對環境生態之危害比較小的藥劑。

## 結 論

最早期的農藥使用是注重防治效果而已，所以使用了大量的無機及有機的化學農藥，只求收穫量之增加。現在已逐漸注重到農藥對生物的

安全，所以農藥之研究發展以低毒性、低用量、易分解及具選擇性為重要目標。將來之農藥問題更需考慮到環境生態平衡之維護，化學性的農藥使用將遞減而逐漸轉變成使用生理調節劑、微生物製劑或是基因工程的製品。農作物生產的目標不應該是殺雞取卵式的「最高產量」(maximal production)，而應該是綜合各種因素後之「最佳產量」(optimal production)。

(資料提供：陳家鐘)