



以藥劑防治害蟲

-  一、農藥的種類 56
-  二、農藥的劑型 61
-  三、農藥對人畜的毒性 64
-  四、使用農藥的注意事項 66

當害蟲發生嚴重的時候，唯有施用化學合成殺蟲劑為防治花卉害蟲的重要方法，能在短時間內有效撲滅大部分害蟲，遏止其繼續為害。及時而有效的使用藥劑，在花卉栽植上仍為最主要的一種害蟲防治技術。近年使用的藥劑種類不斷汰舊換新，早期的有機氯劑，現在已經很少使用，有機磷劑與氨基甲酸鹽類藥劑亦逐漸被其它對人畜較低毒性的藥劑取代。

一、農藥的種類

1. 有機氯劑

(Organochlorine insecticides)

為含氯 (Chlorine) 元素之化合物，是最早被發展的有機合成殺蟲劑，對昆蟲具神經毒性、胃毒性及接觸毒性等殺蟲作用。本類殺蟲劑對害蟲殺蟲機制與合成除蟲菊類較相似，主要作用於昆蟲神經系統，干擾神經傳導離子管道的開關，特別是影響鈉離子 (Na^+) 通道的開啟，促使昆蟲因累積過多鈉離子而處於興奮狀態而過度亢奮而亡。有機氯劑理化性安定，在酸鹼溶液及土壤中不易被分解，殘效性強，易殘留於作物上，可經由取食或呼吸進入人體與脂肪結合累積，不易排除，施用時應注意安全採收期，以免使消費者產生中毒。由於政府重視農藥殘留及環境污染問題，大部分有機氯殺蟲劑已被禁止使用，目前尚在使用者為安殺番 (Endosulfan) 及大克蟎 (Dicofol)。

2. 合成除蟲菊精類

(Pyrethroid insecticides)

除蟲菊精 (Pyrethrin) 原本為自除蟲菊植物體中抽取的一種成份，具有殺蟲的效力，天然除蟲菊精對光反應靈敏，容易產生光分解反應而失去殺蟲效果，目前市面上販售的除蟲菊精類殺蟲劑多是以人工合成此種近似之成份，並修飾化學結構使其對光較不敏感而製成，是屬於觸殺性及胃毒性之非系統性殺蟲劑，藥劑必



常用的殺蟲劑種類繁多

需接觸到蟲體或取食才會有較高的毒殺效果，該藥劑作用於昆蟲神經系統，特別是對神經膜中鈉離子 (Na^+) 的控制，使神經突觸去電荷、去極性，最後導致昆蟲神經膜管道累積太多鈉離子而昏迷，繼而死亡。此類殺蟲劑對人畜等高等動物毒性較低，適合家庭園藝使用。例如賽扶寧 (Cyfluthrin)、畢芬寧 (Bifenthrin)、第滅寧

(Deltamethrin)、百滅寧 (Permethrin)、賽滅寧 (Cypermethrin)、賽洛寧 (Cyhalothrin)、芬化利 (Fenvalerate) 等。

3. 有機磷劑 (Organophosphorus insecticides)

為含磷 (Phosphorus) 元素的化合物，具有接觸毒、胃毒及燻蒸殺蟲作



田間施用殺蟲劑

用，在生物體內抑制乙醯膽鹼酯酵素 (Acetylcholinesterase) 的作用，使乙醯膽鹼累積而阻礙神經傳導，致使昆蟲興奮、痙攣、運動失調然後死亡。是目前使用的殺蟲劑中種類最多，也是使用最普遍的一類，常用的有數十種之多，包括馬拉松 (Malathion)、撲滅松 (Fenitrothion)、大滅松 (Dimethoate)、陶斯松 (Chlorpyrifos)、美文松 (Mevinphos)、佈飛松 (Profenofos)、達馬松 (Methamidophos)、歐殺松 (Acephate)、三落松 (Triazophos) 等。

4. 氨基甲酸鹽劑 (Carbamate insecticides)

為含有氨基甲酸鹽 (Methyl carbamate) 的化合物，殺蟲作用機制與有機磷類殺蟲劑十分類似，對昆蟲的乙醯膽鹼酯酵素具有強阻礙作用，毒性很強且毒效發生很快，施用不當對人畜亦較易發生危險。此類藥劑施用在植物上多會有滲透性，藥劑成份自表面進入植物組織內，藉由導管和韌皮部等組織運行至植物其他個部位，使藥劑未能直接觸及的昆蟲亦因食入含毒成份而中毒死亡，常用的如加保利、納乃得 (Methomyl)、得滅克 (Aldicarb)、加保扶 (Carbofuran)、滅賜克 (Methiocarb)、安丹 (Propoxur) 等均是。

5. 有機氮劑 (Organonitrogen insecticides)

有機氮劑或稱沙蠶毒素類似物或前驅物劑 (Nereistoxin analogue insecticides)，為含氮 (Nitrogen) 元素的化合物，目前通用的只有培丹 (Cartap hydrochloride) 與硫賜安 (Thiocyclam hydrogen oxalate) 兩種，但是在農作物害蟲防治上使用量相當大。培丹和硫賜安殺蟲劑為沙蠶毒素 (Nereistoxin) 之類似物或前驅物，沙蠶毒素是產自環節動物沙蠶 (*Lumbriconereis heteropoda*) 分離出來之毒素，在植物體中培丹和硫賜安可以分解為沙蠶毒素，該毒素在神經生理實驗測試，主要是阻斷突觸神經連結，也有研究者發現，沙蠶毒素主要作用位置為乙醯膽鹼接受器之干擾，造成昆蟲中央神經系統中毒。這兩種殺蟲劑均在花卉作物上登記使用於非洲菊斑潛蠅的防治。

6. 昆蟲生長調節劑 (Insect growth regulator)

主要成份可分成 3 類，包括：

- (1) 類青春生長激素素 (Juvenile hormone mimics)，此類藥劑主要是干擾昆蟲脫皮、卵胚的形成及昆蟲變態過程，使之無法正常脫皮、化蛹、羽化為成蟲，或影響成蟲卵巢的發育及卵子的成熟，使產下不正常的卵。常用的有芬諾克 (Fenoxycarb) 登記用於防治柑桔潛葉蛾，且對有殼介殼蟲及粉蝨的卵亦有防治效果；國外新開發的藥劑百利普芬 (Pyriproxyfen) 對粉蝨類、介

殼蟲類及螞蟻類有效，在台灣已引進登記在觀賞植物防治白輪盾介殼蟲、洋香瓜防治銀葉粉蝨、果樹類(蓮霧、番石榴、柿)防治粉介殼蟲及防治農地紅火蟻。

(2) 幾丁質合成抑制劑 (Chitin synthesis inhibitor)，此類藥劑抑制昆蟲表皮幾丁質生物化學合成，導致昆蟲在幼期或蛹期死亡，常見的藥劑有對飛蟲、粉蝨類有效的布芬淨 (Buprofezin)，對斜紋夜蛾有效的二福隆 (Diflubenzuron)，對蠅類有效的賽滅淨 (Cyromazine) 等。

(3) 抗脫皮素 (Moulting hormone agonists)，此類殺蟲劑為非固醇類之昆蟲生長調節劑，主要與脫皮固醇競爭脫皮酮接受體，造成幼蟲階段無法脫皮成功而死亡，在國內這類藥劑有登記對夜蛾類有效的得芬諾 (Tebufenozide)。

昆蟲生長調節劑之殺蟲劑因較具有專一性，防治的對象為昆蟲，且為特定的昆蟲，只針對某一類害蟲而作用，因此對人畜、授粉昆蟲等具有較高的安全性。

7. 抗生性殺蟲劑

(Antibiotic insecticides)

此類殺蟲劑成分為細菌在培養發酵過程中所產生的衍生化合物，目前主要應用的衍生化合物有兩類：

(1) 賜諾素 (Spinosyns)，為一種放線菌

Saccharopolyspora spinosa 發酵過程的衍生物，包括有為賜諾素A及賜諾素D，對昆蟲之殺蟲作用機制為激化乙醯膽鹼之接受者作用，導致昆蟲神經系統興奮，引起肌肉痙攣，最後麻痺或虛脫而死。此類殺蟲劑對人畜等高等動物毒性較低，為安全性高的藥劑，目前應用的藥劑有賜諾殺 (Spinosad)。

(2) 亞巴丁類 (Avermectins)，目前應用的藥劑有阿巴汀 (Abamectin)、密滅汀 (Milbemectin) 及因滅汀 (Emamectin) 等3種殺蟲劑，阿巴汀由放射菌類 *Streptomyces avermitilis* 發酵衍生的亞巴汀素 B_{1a} 及 B_{1b} 合製成；密滅汀則是由另一種放射菌 *Streptomyces hygroscopicus* 發酵衍生的密滅汀素 A₃ 與 A₄ 混合而成；因滅汀則是第二代亞巴汀素以螺旋酮方式合成之類似物。這類衍生物殺蟲的作用機制，一般認為是刺激神經傳導系統中氯離子，增加 γ -胺基丁酸媒介氯離子在神經系統之通透性，使昆蟲或無脊椎動物亢奮、痙攣而死。

8. 苯吡唑類殺蟲劑

(Phenylpyrazole insecticides)

此類殺蟲劑為1987年發現之新成分殺蟲劑，目前商品化上市之成品為芬普尼 (Fipronil)。此類藥劑的殺蟲機制為干擾氯離子之通透性，藉以擾亂昆蟲中央神

經系統，此種機制與有機氯殺蟲劑之安殺番相似。芬普尼為廣效性的殺蟲劑，舉凡鱗翅目、鞘翅目、半翅目、同翅目及繭翅目的昆蟲均具有毒效，且具有接觸毒及胃毒外，亦具有系統毒，對脊椎動物毒性較低，為較安全之藥劑。

9. 類尼古丁殺蟲劑

(Nicotinoid insecticides)

此類殺蟲劑為極性化合物，水溶性高，但在水中安定。類尼古丁殺蟲劑對昆蟲的殺蟲作用機制，主要是作用於昆蟲中央神經系統，特別是阻斷後突觸原細胞對乙醯膽鹼的接受器，扮演干擾乙醯膽鹼，阻斷進入神經膜管道，致使昆蟲興奮、痙攣而死亡，其殺蟲作用類似有機氯殺蟲劑之培丹。此類殺蟲劑除具有接觸毒及胃毒外，由於極性高，易容於水且安定，在植物體中可有效地移行至各組織間，產生系統性的殺蟲效果，特別是針對刺吸式及銼吸式口器的昆蟲。常用的藥劑有益達胺 (Imidacloprid)、賽速安 (Thiomethoxam)、可尼丁 (Clothianidin)、亞滅培 (Acetamiprid)、達特南 (Dinotefuran) 等。

10. 微生物製劑

(Microbial insecticides)

主要包涵病毒、立克次體、細菌、真菌、原生動物或線蟲等。其作用機制可經由毒素的生產 (如蘇力菌，*Bacillus*

thuringiensis)、侵入寄生 (如白殭菌 *Beauveria bassiana*) 和病原性 (如桿狀病毒)。其中應用最廣的微生物殺蟲劑是應用蘇力菌產生的殺蟲結晶蛋白 (insecticidal crystal protein, ICP) 所製成，被昆蟲攝食後能釋出毒蛋白，傷害幼蟲腸壁，使消化道失去作用，不同類型之蘇力菌分別對鱗翅目、鞘翅目、雙翅目等害蟲有效，在台灣常見的商品有十餘種，都是針對鱗翅目之蛾類幼蟲。

此外，在國外有利用昆蟲病毒而發展的製劑，如用以防治甜菜夜蛾、斜紋夜蛾、小菜蛾等的核多角體病毒 (nuclear polyhedrosis virus, NPV) 和顆粒體病毒 (granulosis virus, GV)。蟲生線蟲亦有商品製劑，用以防治土壤及堆肥中的害蟲。真菌類則有黑殭菌 (*Metarhizium anisopliae*)、白殭菌 (*Beauveria bassiana*)、綠殭菌 (*Nomuraea rileyi*) 及蠟蚧輪枝菌 (*Verticillium lecanii*) 等研究及相關製劑商品開發。原生動物體形小單細胞生物，具有防治潛力的是微孢子蟲，目前有蝗蟲微粒子 (*Nosema locustae*) 原生動物登記上市，用於防治蝗蟲。在台灣，除了蘇力菌有商品製劑登記販售外，其他微生物製劑均尚在研究試驗階段，也無自國外引進商品製劑登記販售。

11. 油劑

(Oil insecticides)

礦物性或植物性油劑亦可使用於花木

植物以防治介殼蟲等，或與殺蟲劑混合使用以增加對一般害蟲的防治效果，常用的如夏油。其殺蟲作用主要是由於物理性質而非生化性質，噴施後油劑在蟲體及蟲卵表面具有被覆、侵蝕、燻蒸的作用，並且由昆蟲氣孔及表皮侵入體內，害蟲因而致死。其對植物也有此種物理作用，尤其對於較幼嫩的葉片，油份在葉表附著後，覆蓋於表皮細胞膜並阻塞氣孔，打斷正常呼吸與蒸散作用，容易對植物產生藥害，使用在花卉作物上尤應特別注意。

12. 混合劑

常用殺蟲劑除上述幾種主要類型以

外，尚有一些殺蟲劑成品是兩種或兩種以上類型藥劑的混合劑，目的不外是希望擷取不同藥劑的特點，例如一種藥劑具有速效性，搭配另一具有長效性的藥劑；或是因混合兩種藥劑而擴大作用害蟲的對象；或是混合兩種不同殺蟲作用機制的藥劑而具協力或延緩害蟲抗藥性的產生速度。如賽滅松為賽達松 (Phenthoate) 和大滅松 (Dimethoate) 的混合劑；布芬第滅寧為布芬淨 (Buprofezin) 和第滅寧 (Deltamethrin) 的混合劑；滅蝨丹為滅必蝨 (Isoprocarb) 和培丹 (Cartap hydrochloride) 的混合劑等。在田間應用時能夠互相配合，一次噴施而發揮兩種作用，加強殺蟲效果。

二、農藥的劑型

農藥除含有對目標生物（害蟲、植物病原及雜草）具毒效作用的有效成分，為配合田間施用技術、貯存運輸及田間散佈均勻度等因素，往往需添加其他成分，如乳化劑、增稠劑、增量劑等等，製成各種不同之劑型。根據農藥劑型國際編碼目錄 (Catalogue of Pesticide Formulation Types an International Coding System, Croplife Technical Monograph No. 2, 2008) 顯示多達 60 種以上不同劑型，在台灣內銷市場資料顯示，歷年銷售成品農藥的劑型主要為粒劑、溶液、乳劑、可濕性粉劑、水溶

性粉劑及粉劑，佔總量 90% 以上。近年來，環保意識抬頭，基於使用安全、降低毒性、低環境衝擊等考量，開發多種農藥新劑型如：水基乳劑、微乳劑、水分散粒劑、水溶性粒劑及膠囊懸着劑等等。

殺蟲劑具有各種不同的劑型。依殺蟲劑成品外觀可概分為液體狀和固體狀兩大類劑型，若依施用方法則概分為直接施用和需加水或溶劑稀釋後施用兩大類劑型。一般在花卉害蟲處理上常用的有下列數種：

1. 需加水稀釋施用的劑型

(1) 液體狀劑型

a. 乳劑 (Emulsifiable concentrate 簡稱 EC)

藥劑之主成分溶解在有機溶劑中，加入乳化劑，製成濃縮液。使用時將殺蟲劑成品加水稀釋至適當倍數，因含有乳化劑，故與水混和時稍加攪拌即分散溶解形成液體微滴乳狀液，不致有沉澱、結晶或阻塞噴霧器噴頭之情形。噴出之藥液附著植物表面，待其中含有之水分蒸發後，就僅餘一層藥膜，可於植株上維持一段時間的殘效。

b. 水基乳劑 (Emulsion, oil in water 簡稱 EW)

水基乳劑與傳統的乳劑不同之處，是以水取代乳劑中的有機溶劑或大部分的溶劑，藥劑之主成分溶解在少量的有機溶劑後，除加入非離子介面活性劑為乳化劑外，亦加入多醣體當作增黏劑，預防成品結塊、浮油及分層的情形，製成均勻分散在水中之濃稠狀的液體製劑。因有機溶劑含量較乳劑少，在製造成本上較乳劑低，在運輸、使用及對環境上均屬於較安全之劑型。如 40.8% 陶斯松 (Chlorpyrifos) 水基乳劑、56% 大利松 (Diazinon) 水基乳劑。

c. 水懸劑 (Suspension concentrate 簡稱 SC)

將藥劑之主成分固化研磨成極細之粉末狀，使之穩定懸浮於液狀載體中，使用時加水稀釋成均勻分散之懸浮液，

直接噴灑施用。

d. 溶液 (Soluble concentrate 簡稱 SL)

該劑型呈透明或半透明微混濁 (可能含有非水溶性之其他成分) 之液體狀，含有水或與水可互溶的溶劑，使用時加水稀釋成含有效成分之水溶液，直接噴灑施用，如 9.6% 益達胺溶液、石灰硫磺液。

e. 膠囊懸著劑 (Capsule suspension 簡稱 CS)

將藥劑之主成分包埋於膠囊微粒，再加入其他成分，使之形成穩定懸浮於液狀載體中的製劑，外觀如同水懸劑，使用時加水稀釋，含有有效成分之膠囊會均勻分散於水中成懸浮液，直接噴灑施用，由於微膠囊具有緩釋與控制釋放之作用，可以降低使用藥量或次數。如 2.46% 賽洛寧 (λ -Cyhalothrin) 膠囊懸著液。

f. 微乳劑 (Micro-emulsion 簡稱 ME)

非水溶性的有效成分預先乳化成粒徑小於 0.1 微米以下的乳滴，溶於極少量的油性有機溶劑中，再以水稀釋成乳液狀。微乳劑較一般乳劑含更多乳化劑，減少有機溶劑的用量。加水稀釋後，有效成分會在水中分散型成乳化均勻的微小油滴，成透明或半透明乳液。如 2.5% 賽洛寧 (λ -Cyhalothrin) 微乳劑。

(2) 固體狀劑型

a. 可濕性粉劑 (Wettable powder 簡稱 WP)

粉狀劑型，藥劑主成分本身是固體

狀態，以高嶺土、白陶土等及少許展著劑與藥劑充分拌和，配製成適當百分比。加水使用時可以使農藥主成分微小的粒子均勻懸浮在稀釋液中，但稀釋時必須比較激烈的振盪、攪拌，以免結塊、先以少量水調配成稀糊狀，然後再加入較多的水，比較容易混和均勻。藥液乾後可能會在花葉表面留下粉末的痕跡，不適合需在短期內販售或觀賞之花卉。

b. 可(水)溶性粉劑 (Water soluble powder 簡稱 SP)

粉狀劑型，藥劑主成分本身與其他填充增量劑充分拌和，配製成適當百分比之粉狀劑型。加水使用時，殺蟲劑主成分可溶解於水中形成真溶液，但劑型中亦可能含有非水溶性之成分，使用時加水稀釋調配後，直接噴灑施用。

c. 水分散粒劑 (Water dispersible granule 簡稱 WG)

為粒狀劑型，非水溶性的藥劑有效成分與高嶺土、白陶土等增量劑及展著劑等充分拌和，研磨成細小粉末，配製成適當百分比，再製成較大之粒狀顆粒劑。加水使用時，殺蟲劑於水中崩解分散形成懸浮液，如同可濕性粉劑一般。稀釋時必須比較激烈的振盪、攪拌，才能使之均勻分散，使用時加水稀釋調配後，直接噴灑施用。本劑型用以代替水懸粉劑或可濕性粉劑，沒有粉

塵，使用較為方便且安全。如：48.1% 蘇力菌 (*Bacillus thuringiensis*) 水分散性粒劑。

d. 水溶性粒劑 (Water soluble granule 簡稱 SG)

為粒狀劑型，具水溶性的固體藥劑主成分本身與增量劑及展著劑充分拌和，研磨成細小粉末，配製成適當百分比，再製成較大之粒狀顆粒劑。加水使用時，殺蟲劑於水中崩解後，主成分可溶解於水中形成真溶液，如同可溶性粉劑一般，但劑型中亦可能含有非水溶性之成分。使用時加水稀釋調配後，直接噴灑施用。如 20% 達特南 (Dinotefuran) 水溶性粒劑、10% 賽速安 (Thiamethoxam) 水溶性粒劑。

2. 不需加水稀釋直接施用的劑型

(1) 粒劑 (Granule 簡稱 GR)

藥劑噴灑或拌入吸收性之物質中，形成特定粒徑大小具流動性的顆粒，依粒徑大小可在細分為微粒劑 (Microgranule 簡稱 MG)、細粒劑 (Fine granule 簡稱 FG) 和大粒劑 (Macrogranule 簡稱 GG)。藥劑有效成分較低，一般都在 10% 以下。毒性高之藥劑以此劑型可以避免施用者直接與藥劑之接觸，減低使用時之危險性。粒劑埋入土中後由於土壤之濕度，漸漸溶解釋放有效成分，對土壤害蟲有效，被植物

吸收後亦對植株上蚜蟲、薊馬、葉蟬等小型害蟲有效。有效期間維持較長，視藥劑被根部吸收的速度及植株本身的代謝，藥效可持續一、二個月。

(2) 粉劑 (Dustable powder 簡稱 DP)

藥劑噴灑或拌入吸收性之物質中，研磨形成細小具流動性之撒布粉末，一般有效成分含量較低。使用時直接揚塵使用，因施用時易隨風飄散，屬於較不安全的使用劑型。

(3) 藥籤劑 (Plant rodlet 簡稱 PR) 或片劑 (Tablet for direct application 簡稱 DT)

藥劑有效成分吸收於包容性強之短棒狀木質 (藥籤劑) 或紙質 (片劑) 材料中，製成細長籤狀或片狀製劑。使用時插入或施放於植株根部附近土壤中、田野或水中，藥籤或片劑遇土壤中水分即逐漸釋出含有之藥劑，相當適用於家庭盆栽植物。

(4) 餌劑 (Bait (ready for use) 簡稱 RB)

將殺蟲有效成份與食物誘餌相拌和之製劑，具有誘引有害生物取食，當害蟲或

有害動物食用後，即中毒而死。如可毒殺蝸牛類的聚乙醛餌劑、可以毒殺紅火蟻的賜諾殺或硼砂餌劑等。

(5) 煙劑 (Smoke or Aerosol)

製成罐狀之煙劑附有引信，以火點燃後立即釋放出含有藥劑成分之煙霧，粒子直徑在 0.001 毫米以下。有的製劑是液狀，必須配合特殊器械使用，使用的藥液藉由高壓高熱之氣流帶出，在帶出之過程中轉化成煙劑。粒子飄浮於空氣中，再緩緩下沉，藥效能到達較隱蔽的角落。溫室中環境閉塞，較適合應用。台灣的設施日增，但大多均屬蓬架式的簡易設施，其中使用煙劑並不理想。

(6) 燻蒸劑 (Fumigant)

藥劑以氣體狀態發揮功能，如溴化甲烷 (Methyl bromide) 壓縮成液體小罐裝 500 g，使用時用特製之開罐器將液體導流引入密閉之室中，藥液遇常溫即轉成氣體。好達勝 (Phostoxin) 製成粒劑、片劑或板劑，在空氣中能釋放磷化氫氣體殺蟲，燻蒸劑擴散性強，一般用在土壤，堆肥或盆鉢等器材之消毒。

三、農藥對人畜的毒性

殺蟲劑的毒殺對象是昆蟲，但對人畜等其它動物大多亦均有某種程度的毒性，毒性高低依動物種類及接觸量的多寡而定，某種動物接觸藥劑達到一定劑量即會

造成傷害。

藥劑毒性高低通常以其致死劑量 (Lethal dosage, LD) 來表示，會使半數的試驗動物死亡的藥劑濃度稱為半數致

死量 (LD₅₀)，以每公斤體重分配到的藥量：毫克/公斤 (mg/Kg) 為單位來表示。通常以老鼠或是兔子做為測試動物，在經過口服、皮膚接觸、吸入、注射等方式的測驗後，求得以統計方式估計的 LD₅₀ 數值，並以此作為此一藥劑對人畜毒性高低的依據。殺蟲劑毒性又可分為急性毒性與慢性毒性兩類。

1. 急性毒性

農藥之急性毒性係以農藥對哺乳動物 (大鼠) 之經口服、皮膚、呼吸毒性試驗之半數致死劑量 (LD₅₀) 或半數致死濃度 (LC₅₀) 來判定毒性大小，此外亦需考量農藥對哺乳動物之眼刺激性試驗、皮膚刺激性及過敏性試驗，以作為其殘留對使用者之急性暴露風險評估。世界衛生組織 (WHO) 農藥毒性分類規定，將農藥依其對哺乳動物之口服及皮膚急

性毒性分為四級：極劇毒、劇毒、中等毒、輕毒農藥。而我國則使用注意標誌背景帶將不同含量農藥之急性毒性分為：紅色為劇毒、黃色為中等毒、藍色為輕毒及綠色為低毒，以提醒使用人注意施藥時的安全。

2. 慢性毒性

農藥之慢性毒性一般係指農藥長期使用對哺乳動物之毒性及影響。目前新農藥登記均需嚴格審核其急性毒性及慢性毒理資料如長期餵食毒性、致癌性、致畸胎性及生育毒性等。

此外還包括對淡水魚類及淡水無脊椎生物之毒性試驗的**水生物毒性**、及對陸禽或水禽的**鳥類毒性**和農藥使用時可能影響週遭之蜜蜂、蚯蚓、蠶、捕食性或寄生性昆蟲等有益生物之**非目標生物毒性**。

農藥毒性分類

毒性分類	急性毒性LD ₅₀ (大鼠) mg/kg			
	口服		皮膚	
	固體	液體	固體	液體
Ia 極劇毒	≤ 5	≤ 20	≤ 10	≤ 40
Ib 劇毒	5~50	20~200	10~100	40~400
II 中等毒	50~500	200~2000	100~1000	400~4000
III 輕毒	> 500	>2000	>1000	>4000

(資料來源：<http://www.who.int/ipcs/>)

四、使用農藥的注意事項

1. 正確稀釋

乳劑、可濕性粉劑、水懸粉劑等，使用前均需先以水稀釋至適當倍數，每種藥劑防治某類害蟲時應稀釋的倍數均記載於包裝物的說明紙上，使用前先詳細參閱說明。通常所說某藥劑的 1000 倍液是指在 1 公升 (l) = 1000 毫升 (cc) 的水中，混入藥劑 1 毫升 (cc) 或 1 公克 (gram)，500 倍就是指在 1 公升水中混入藥劑 2 毫升或 2 公克，2000 倍就是在 1 公升水中混入藥劑 0.5 毫升或 0.5 公克，其餘可類推。

藥劑稀釋倍數不正確會影響藥效，施用濃渡過高，不但浪費藥劑，並且可能導致植物受到傷害，尤其開花時期或是抽芽時期，幼嫩的組織容易受傷害。例如蝴蝶蘭施用有機磷殺蟲劑濃渡過高，花瓣產生褐色藥斑，花朵軟化而提早凋謝。

殺蟲粒劑使用時於土壤中直接埋入，不需以水稀釋，但視植株大小與生長時期，每單位面積或每盆鉢或每株的使用量亦有一定，較高的用量雖然對害蟲效果較佳，但也容易導致植物藥害。以得滅克 (已禁止使用) 或歐殺滅施用於土壤中，防治唐菖蒲或百合的根蟻，用藥量高時會使葉尖黃化並枯萎。

觀賞植物與蔬菜或果樹等作物有許多害蟲是相同的，參考其他作物上相同害蟲的防治藥劑種類與稀釋倍數，擴展使用至觀賞植物上，多半也能達到防治害蟲的效果。但要注意藥劑施用後對植物是否產生藥害，除了參考相近似作物上的藥害反應外，特殊的品種則必需靠栽種的農友先自行以少量植株測試，待證實無藥害後才大面積使用，可以減少植物的藥害損失。

2. 徹底噴佈

為配合大部分害蟲常棲息於葉背或新芽或花苞的習性，以液狀的藥劑稀釋液做莖葉噴施時，須盡量使藥液粒子噴及葉背、新芽或花苞內。除了注意噴施的技巧外，可以使用的噴藥器械也已經日益進步，能以高壓噴出細粒的藥液，常有較佳的害蟲防除效果。

空間較為密閉的設施內，可以採用噴煙或噴霧機，因噴出的藥劑粒子微小且有懸浮性，藥粒能充分而均勻的散布於植物表面，對藏於隱匿處昆蟲的直接觸殺的效果較好，且蒸氣壓較高的藥劑也能有一些燻蒸作用，能經由氣孔滲入昆蟲體內而產生毒性。

3. 有效混合

基於實際上的需要，施藥時大多需要將數種殺蟲劑混合，或是將殺蟲劑與殺菌劑、生長調節劑、營養劑等混合而同時噴施。藥劑混合後最好仍能各自發揮原先的效果，但是有些藥劑互相混合後有互相抑制的現象，降低了藥效，因此是屬於不適合混用之藥劑。每年都有許多新藥劑出現於農藥市場中，各種藥劑間是否可以相混，實在難以一一列出，但是有以下幾個原則可以作為混合施藥的參考。

1. 避免將會產生反應的藥劑相混

兩種不同藥劑相遇後，分子間可能發生物理性反應。在混合後此種作用的結果會隨時間而愈明顯，一般經過二、三十分鐘後，藥劑混合液中會產生明顯的固體沉澱物或是塊狀凝結物，或是有起泡、分層、不均勻的現象，此時表示兩種藥劑不適合於混合，必須分別施用。

2. 避免將酸鹼性不合的藥劑相混

大部分的殺蟲劑均屬酸性，但有少數殺蟲劑或殺菌劑為鹼性，當酸性與鹼性藥劑混合後，會因彼此間互相中和而失去作用。在混合農藥前可以石蕊試紙簡單測試藥劑的酸鹼性，石蕊試紙可以在農藥行或是化工材料行買到，甚至有的西藥房也有售，石蕊試紙分成測酸性的與測鹼性的兩類，因為藥劑以趨於酸性的居多，故以專門測試酸性液體的試紙較為適用，測鹼性

試紙需要量較小。某種藥劑若經證實為鹼性，則不宜與其他酸性藥劑混合使用。

3. 仍有其它因素影響混合效果

除上述兩種較常發生的現象，藥劑與藥劑間尚有可能發生以肉眼無法發覺的化學反應而失去效果；混合的農藥噴施後滲入植物或昆蟲體內，也有可能受生物之生理代謝的作用因而失去效果。總之因為可能發生的情況太多，在首度混合兩種新藥劑前，最好先行以少量試用，證實對害蟲有效果與對植物無藥害，才加以使用。

4. 藥劑輪用

長期的使用殺蟲劑之下，害蟲也隨時都在改變對殺蟲劑的適應，而產生對殺蟲劑的抗藥性，其中較常產生的方式有兩類：

1. 體內產生更多分解殺蟲劑有毒官能基的酵素，如酯酵素、麩胺酸硫轉基酵素、單一氧化酵素或多功能氧化酵素等。
2. 改變被殺蟲劑有效成分的作用點，使殺蟲劑無法發揮毒效而排出體外。

雖然，研究人員一直在研發新的而有效之殺蟲劑，經由對害蟲反應之作用點的改變而研創出各式各樣殺蟲劑，但一個新藥的開發，費時費力且需相當的金錢花費，因此審慎思考，如果不以施用技巧及保護措施來延長或增加殺蟲劑的使用壽命，可能會面臨藥劑開發速度太慢，而害蟲產生抗藥性機制太快，而導致無藥可用的窘境。上列將殺蟲劑分類成 12 大類

群，殺蟲作用機制各不相同，在選用殺蟲劑進行防治害蟲的同時，應避免連續使用作用機制相同的同類群殺蟲劑，且避免同時混合使用作用機制相同的同類群殺蟲劑，而需選用作用機制不同的不同類群殺蟲劑加以輪用，以免因人為選汰而加速害蟲產生對此類藥劑的抗藥性或交互抗性。

5. 人畜安全

為避免殺蟲劑對人畜造成傷害，施用時必須極為小心謹慎，留意噴藥者以及周圍人畜的安全。

1. 施藥時注意風向，施藥者站立於背風

面，使噴出的藥液飛向遠離自身的方向。

2. 施藥時穿上保護身體的衣物、雨鞋，戴上手套、口罩；施用粒劑時避免以手直接觸及藥劑。

3. 室內施藥時使空氣適度流通，避免吸入有毒的氣體或農藥微粒。

4. 施藥後避免立即進行摘心、去芽、採收或與植株有其它任何方式的直接接觸。

5. 家庭盆栽盡量選用對動物無毒的防治法，如使用藥劑也要選對動物毒性低的種類。施藥時將盆栽移於室外，待 2、3 天後氣味散盡才重置室內。

主要參考文獻

台灣省政府農林廳。1993。農藥使用方法及使用範圍一覽表。台灣省政府農林廳印。493 頁。

台灣省農業藥物毒物試驗所。1993。農藥名稱手冊。農業藥物毒物試驗所編印。254 頁。

李國欽。1995。農藥。第 335-360 頁。台灣農家要覽農作篇(三)。豐年社。

何明勳。2005。農藥的劑型及混合使用。第 526-529 頁。臺灣農家要覽(增修訂三版)農作篇。豐年社。

高穗生、曾經洲、蔡勇勝、謝奉家。2009。微生物殺蟲劑。科學發展月刊 443: 18-25。

費雯綺、高清文、李貽華、劉俊傑、王喻其、陳偉君。2009。農藥使用手冊。農業藥物毒物試驗所編印。567 頁。

費雯綺、王喻其、陳富翔、林曉民、李貽華。2010。植物保護手冊。農業藥物毒物試驗所編印。963 頁。

劉淦芝。1982。民間治蟲採訪錄。時報文化出版事業有限公司。205 頁。

劉達修。1993。田間施用農藥的調配要點。農藥世界 12: 50-55。

廖龍盛。1990。實用農藥。臺灣南投。885 頁。

謝再添。2004。殺蟲劑化學分類及其特性。九十三年度「農藥及植物保護知能研習會」講義。行政院農委會農業藥物毒物試驗所編印。

謝再添、蘇文瀛。2004。合理有效使用殺蟲劑。植物保護學會特刊 6: 193-204。

Hartley, D., and H. Kidd. 1987. The agrochemicals handbook. 2nd ed. The Royal Soc. Chem., England. 422 pp.

Klein, H. D., and A. M. Wenner. 1991. Tiny game hunting, environmentally healthy ways to trap and kill the pests in yourhouse and garden. Bantam Books, N.Y. 278 pp.

Tomlin, C. 1994. The pesticide manual. 10th ed. Crop Protection Pub. U.K. 1341 pp..

Rodale, J. I. 1971. The organic way to plant protection. Rodale Press USA. 355 pp.

Yepsen, J. R., and R. B. 1984. The encyclopedia of natural insects and diseases control. Rhodale Press, Inc. 490 pp.