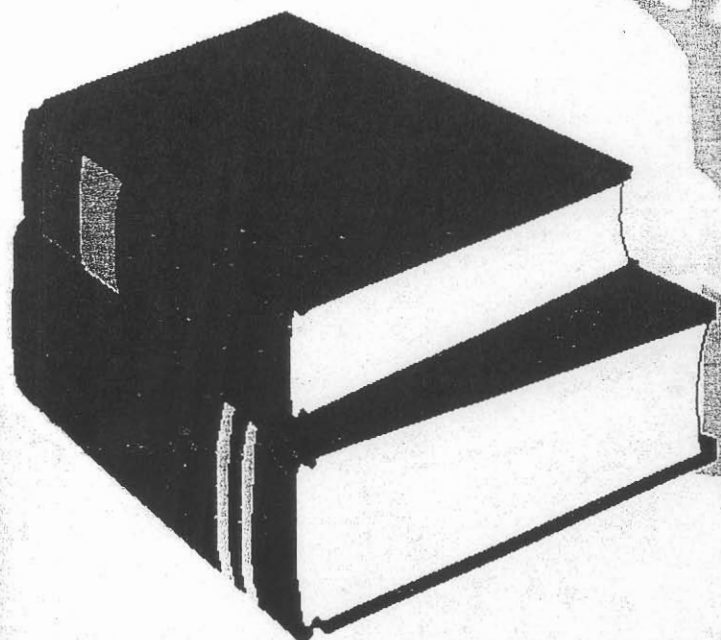


『植物醫生培訓』專班

講義



日期：98年11月28日至99年1月16日

補助單位 興農股份有限公司

主辦單位 中興大學農資院農業推廣中心

中華民國98年11月 印製

農作物農藥之藥害

蔣永正

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所公害防治組研究員

前言

現代農業生產體系中，對病、蟲、雜草等害物的防治，仍多倚賴農藥的使用，以壓制棲群密度及危害潛力。目前在臺灣登記的單劑與混合劑種類超過 500 種，分別用於水稻、蔬菜、果樹、花卉等作物，以防治害物或調節植物生育。一般藥劑在上市前已通過規格檢驗、毒理資料審查、藥效與藥害試驗及殘留量檢測等嚴格篩選，若依循登記之作物範圍及施用方法，在非極端氣候下使用是不會有發生藥害的。但往往因為未能掌握適當的時期和用量，如劑量調配的不精準、噴施方式不正確、或藥劑混合時的不相容等，改變農藥對植物生物活性的表現，造成目標或非目標作物生長受抑制。因此施藥時若多加注意，應可避免或降低藥害發生的風險。

藥害發生的原因

農藥進入植物細胞後，部份會被代謝分解或限制轉移使毒性降低，但是吸收量超過了可以解毒的範圍，則會造成植物的毒害。嚴重時會明顯抑制植物的正常生育，包括種子或芽體的萌發、葉片黃化、褐化、扭曲等或落葉、莖的伸長、根的活性、及落花、落果、果形異常出現斑點等現象。甚至影響組織成份，如葉綠素、花青素、碳水化合物、或胺基酸含量，改變品質與風味。

一般殺蟲劑和殺菌劑的主要干擾昆蟲和病原菌的生長和增殖，對植物的生育影響不大。除草劑則以抑制植物正常生長為主，利用藥劑對作物與雜草的選擇性差異防治雜草。增效劑分為內含式(built in)

及外加式，前者在製造過程即添加至成品中，後者則為施用時再添加。因為兼具親脂和親水的特性，會降低與葉面接觸角及表面張力，輔助藥液在植體表面均勻散佈和充分固著，促進植體對藥液的吸收。外加式增效劑會改變細胞膜穿透性，濃度過高時亦可能影響植物的正常生長。

藥害的發生主要和農藥的物化特性、施藥方式與作物種類、生育期的敏感性有關，環境因子則可能改變植體對藥劑的吸收程度。

1. 農藥特性

要將極少量的藥劑成份均勻施用在大大面積田區，則需配合作物生長與害物發生的實際狀況，經過適當的製劑(formulation)，即與溶劑、稀釋液及增效劑相混合，提供方便噴施及對目標害物達到均勻密布，以增強毒性的效果。理想的劑型必須是安全且容易於田間使用；同時在儲存及運輸期間維持穩定之物化性，防止不良環境引起藥劑的劣質化。

劑型會影響農藥生物活性的表現程度。農藥噴施時最先接觸到藥劑的部位為葉表組織。葉表臘質為一層親脂性構造，會減少細胞水分的散失和限制水溶性物質的進出。含溶劑及乳化劑之農藥，親脂性高較易引起藥害，但水基乳劑在水中化性穩定，為較安全之劑型。可濕性粉劑之粒徑微細，易被葉片吸收，使用時須不斷攪拌，否則其懸浮液易沉澱而引起田區局部性藥害。水分散性粒劑和可濕性粉劑相類似，粒徑很小在噴液中會均勻分散，較不易引起飄散性藥害。水懸劑適於溶解度低且化性穩定之農藥原體的製劑，微細顆粒在噴液中不易聚集成緊密之沉澱，活性較可濕性粉劑高。粒劑可直接用在土壤、水田及水域中，殘效期較其他劑型為長。另一種微膠囊劑(micro-capsules)

是將藥劑包埋於微膠囊中，可控制有效成份釋放的速率，對作物安全性高。

農藥製劑過程中所添加之展著劑分子，實際上為一種同時含有親水性基(hydrophilic group)及親脂團(lipophilic group)之化學物，其會改變兩種液體，或一種液體與一種氣體或固體間的界面物理特性，故又稱作界面活性劑。一般展著劑不論是在農藥製劑或噴施過程中加入，應該都不會造成主成份對植物的毒害。但是當兩種展著劑產生交互作用時，如陽離子型展著劑會和硬水中之鈣、鎂、鐵等離子形成不溶性的鹽類沉澱等，在這種情況下的藥液對作物生育的影響，則不是單純由農藥有效成份即可推斷的。

展著劑本身對植物亦具有某種程度之生物活性，其在細胞內的主要作用為改變細胞膜差異通透的特性，及造成細胞蛋白質的變性，而失去酵素的功能。濃度低時可能影響到生物膜上的重要物質的分配與傳導，高濃度時則有可能溶解葉表皮層的臘質或膜上的脂質組成。此外展著劑本身所帶的電荷會和蛋白質作用，引起多胜鏈結構的改變，進而影響蛋白質的三次元構造。展著劑對植物的毒害和其化學構造及在細胞內濃度有密切相關。劑量過高時，在展開葉上會引起藥斑，對尚未完全展開之葉片，會導致葉肉綳縮及葉形縮小的異常現象，但未直接接觸到展著劑之新生葉則沒有影響。

2. 施藥方式

噴藥時流量的控制及噴桶壓力的大小，會影響田間實際噴出的藥量，噴嘴口徑的型式與數目、噴桿的高度及噴藥時的行走速度，都會造成植株曝藥量的差異；一般稀釋水量固定時，藥液粒子愈小，藥劑被植物吸收及抑制生育的程度愈高；且系統性藥劑較接觸型藥劑的表現更顯著。對葉構造呈垂直之單子葉植物而言，藥液粒子太小會影響

噴施效果；但在比較光滑的葉面反而有助於葉面的濕潤。在使用混合農藥時，若藥劑間形成沉澱或凝聚成膠體，則噴施時也容易發生藥害。混合噴施時則應注意藥劑間物化的相容性，避免引起局部田區藥液濃度過高或分散不均勻的現象。首先應確立防治的目標害物，並針對作物生育特性，配合藥劑的物化性質，選擇有效且劑型適合之農藥，進行相關的測試，及依循正確的混合步驟做適量的噴施，降低藥害發生的風險。

水溶性高之農藥會聚集在田區低窪積水處，使局部田區的藥劑濃度過高，加速根部對藥劑吸收。如巴拉刈用於水田整地前雜草防除時，在施藥後三日始可灌水整地插秧，否則游離在田水中之藥劑會影響植株生育。免速隆在施藥後十日內應禁止田區排水，若流至附近灌溉水中，被敏感作物吸收也會引起藥害，因為施藥早期之田水會引起葉菜類發生明顯的藥害。

噴藥時做為稀釋用之水質，其酸鹼度、電導度、鎂鈣等離子含量，因為會影響農藥主成份的物化性質，形成不可溶之鹽類沉澱或是影響植物的吸收量，亦可能造成藥害。

3.環境因子

環境會影響藥劑物化特性的表現或植株生長勢，造成植體對藥劑吸收量的改變，導致在極端環境下發生活性表現的明顯變異，此點為造成藥害的主要原因之一，往往也是最容易被疏忽的。葉面噴施型藥劑以葉片吸收為主，植物表皮組織的構造、形態及施藥時的環境狀況，會影響藥劑的截取(intercrption)及滯留(retention)；土壤施用型藥劑以種子及地下部如根等之吸收為主，土壤組成、物化特性、微生物相，及環境中光照、溫度、降雨量等，則會影響土壤中的藥劑殘效性。

(1)氣候環境

溫度會影響植物的生育速率，熱帶植物在高溫下的生理作用旺盛，尤其在高溫強光下光合作用被促進，也可能會大量吸收噴施在葉面的農藥，這也就是某些藥劑在高溫強光下易引起藥害的原因。高溫下某些殺菌劑如嘉賜銅可濕性粉劑對柑桔、貝芬替可濕性粉劑對橡果、可濕性硫磺水懸劑對葡萄(30°C以上)，均會引起果實發育遲滯或果皮產生藥斑等異常徵狀，其他如除草寧乳劑在二期作水稻田施用，有可能抑制秧苗初期生育，生長素型藥劑在高溫下也有降低用量的必要。

另外農民習慣在二期作整地時，將前作殘留在田區內之稻樁翻入土壤中，淹水令其腐爛，但在臺灣地區七、八月的高溫下，土壤中之有機質發酵產生氨類之有毒物質，阻礙秧苗的生育，此時若再施用殺丹等萌前除草劑，則會加強秧苗的受損程度，在南部地區二期作插秧後半個月內的發生機率高。

高溫下容易造成酯類葉面噴施型除草劑的揮發，不僅降低藥效，還有可能引起鄰近敏感作物的藥害。反之溫度太低時植物生育較差，亦會降低作物對藥劑的忍受程度，丁基拉草乳劑、三覆爾粒劑、丁拉萘普粒劑及殺丹粒劑，在一期作低於 15°C 之水稻田施用時，須降低藥量避免藥害發生。

風向、風速與霧氣的形成主要是影響藥液的飄散。風速強到一定程度會將藥液粒子吹移到附近的作物田區，引起飄散性藥害的發生。霧氣會將藥滴承接在半空中，隨氣流向某個方向移動，待陽光出現霧氣消散後藥液則往下沉降，此時若掉在敏感作物表面則有可能引起藥害。使用動力微粒噴霧機噴藥時，要在微風或無風時噴口順著風向較為安全。

(2) 土壤環境

農藥在土壤中會受到土壤性質與土壤物理、化學、微生物等作用，影響藥劑殘留量及殘留活性。若被後作之敏感植物所吸收則可能發生藥害。

土壤吸附作用雖不會減少土壤中的藥劑量，但在土壤溶液中的藥劑濃度已降低。吸附為土壤中有機質及粘粒，與藥劑分子產生化學鍵結的現象，通常離子性藥劑的吸附力較強，非離子性藥劑分子則易與有機質粒子吸附。土壤水分會將已被粘粒吸附之藥劑置換出來，所以乾土之吸附較濕土為強，土壤 pH 也會影響吸附的程度。有時藥劑分子只是微弱的被土表吸附，則有可能再行脫附至土壤溶液中，被植物根所吸收。水溶性除草劑如巴拉刈等，因為帶有正電荷可與具負電荷之土壤粘粒以離子鍵相結合，成為不具生物活性的型式，但當巴拉刈量多且超過土壤吸附值時，則會有游離的巴拉刈存在土壤溶液中，或改變土壤的 pH 值也有助於巴拉刈的脫附，兩者均會造成植物根的吸收而抑制植株正常生育。

揮發性強的藥劑如 2,4-D 酯類劑型，噴施後易飄散至非目標區，引起敏感作物的藥害。施用具有揮發性之土壤施用型農藥，可以混拌或粒劑劑型予以降低。土壤水會帶動藥劑分子在土壤中移動，溶解度大且移動性強(土壤吸附性弱)的藥劑，易隨土壤水做不同方向的移動，如除草劑得拉本即具高溶解度及低吸附性，較達有龍、理有龍等尿素類及草殺淨、草脫淨等三氮苯類的淋洗程度為高。若藥劑移動至敏感作物，或大量累積至耐性作物生長分布的區域，都有可能發生藥害。土壤性質及藥劑溶解度為造成淋洗的主要因素。

農藥在土壤中的消失途徑包括光分解、化學水解及微生物分解。分解作用速率和土壤組成、pH 及水份含量，氣溫、空氣濕度、紫外光強度及土壤微生物相均有密切相關。殘留在土壤中的農藥有可

能被植物的地下部如根所吸收，夾雜在育苗土中的植物殘質，若殘留有除草劑，可能會引起秧苗或幼嫩植株的藥害。

4. 作物反應

農藥進入植體後，是如何干擾細胞的正常生理生化作用，引起植株生育異常甚至死亡呢？基本上一個外來物質(xenobiotics)必需先進到細胞內的目標位置(target site)才能發生作用，而此目標位置通常也是對藥劑反應最敏感之生理生化作用進行時的所在部位。如葉綠體的膜蛋白分子，即為許多光合作用抑制型除草劑之結合位置，導致光合作用效率的降低，同時可能產生具過氧化活性的物種，破壞膜系的完整性造成細胞死亡。其他在脂質及胺基酸生合成路徑所需的特定酵素，和生長調節劑作用時的接受體(receptor)，亦可成為藥劑的作用位置。

除草劑因為所防治的雜草亦為植物，因此對作物的毒性要比殺蟲劑或殺菌劑強，且大部分以抑制光合作用為主。而以昆蟲等動物為主的殺蟲劑、殺蟎劑，或以病原菌為主的殺菌劑，又為什麼也有可能影響作物生育呢？因為一種外來物質多多少少都會干擾到植物的正常生理活性，雖然作物對外來化合物都有代謝解毒的防禦本能，但是在不同種類、不同生育時期或不同組織器官的代謝解毒速率會有明顯差異，尤其在短時間內吸收過多的外來物質，又無法即時加以分解利用或排出植體外，則發生藥害的機率就會增加。這也是任意提高藥劑施用濃度，為藥害發生的主要原因。

農藥在植物體內的作用活性，會有種間或種內的差異，甚至在不同生育期，對藥劑的反應亦有不同。全生育期內的敏感時期，大部份在幼苗期和進入生殖生長初期(如開花期、幼果期、水稻的幼穗分化期)。滅紋、殺紋寧及鐵鉀砷酸銨在水稻抽穗前 10 日使用，易引起

稻株不孕。另外也有組織和器官上敏感程度的差異，一般繁殖器官(如花粉和柱頭)要比營養器官(如葉片)對農藥較為敏感。

以藥劑而言，大部份的殺蟲劑對作物都不會有明顯的毒性，殺菌劑次之，但某些藥劑提高施用濃度時仍可能會引起藥害。如鐵鉀砷酸銨、依得利及易胺座，都有可能引起水稻、番茄及甜椒幼苗、梅樹之藥害。在作物種類中則以葉菜類最為敏感，瓜果菜次之。如用於防治水稻斑飛蝨，及縞葉枯病之佈芬淨會引起南瓜藥害，防治蔥韭赤銹病之菲克利，不得用於韭黃及韭菜花，十字花科小菜蛾使用之納乃得，及蔬菜紋白蝶之撲馬松，均僅適用於甘藍，施用在白菜及芥菜上會引起藥害。

某些水溶性強之除草劑，如嘉磷塞及巴拉刈，殘留在土壤水中之藥劑，有部份亦會被根所吸收抑制作物正常生育，此外除草寧對秈、梗水稻，草殺淨對甘蔗，均有品種間敏感度差異，但大部份的除草劑都應避免噴及作物生長點。

藥劑的生物活性，與植物對藥劑的代謝程度，為造成藥害的主要原因，環境或施藥時的措施不當，則會誘導藥害的發生。噴藥時的飄散、灌溉水的污染或土壤中藥劑的殘留，則為非目標作物發生藥害的主要途徑。

非目標作物藥害

依農藥施用方式，藥害可分為目標區與非目標區，前者多為噴施區內作物直接接觸到較高劑量之農藥，後者則經由噴施時飄散、灌溉水的污染、及土壤中殘效過長引起之微量接觸。臺灣地區耕地狹小，大部分農戶耕作之單位面積零星，且作物相複雜，導致農藥的施用十分頻繁。因此非目標區作物藥害的發生，成為藥害案件中的普遍

現象，由於多為不易預知的偶發性意外，往往造成損害的面積也非常可觀。

1. 飄散藥害

噴施農藥是以均勻撒佈下，使用最少量的藥液為原則。為達到藥液的完全密佈及減少噴施水量的目的，藥液粒子往往會小到某種程度，因此在大部份的液體噴施時，都免不了會發生藥液飄散(drifting)的情形，造成目標區內害物的防治效果降低，鄰近非目標區內敏感作物的藥害，甚至污染環境等不利後果。

飄散的距離及造成藥害的程度受到許多因子的影響，包括噴施狀況、農藥性質、氣候變化、及噴施區特性。

(1) 噴施狀況

藥滴大小為影響飄散最重要的因子，農業上常用的液壓噴霧器，噴施時所產生的液滴大小範圍從小於 $10\mu\text{m}$ 到大於 $1000\mu\text{m}$ 。實際噴施時則依減少飄散所需的大型粒子，和達到均勻覆蓋所要的小型粒子間之平衡點，選擇適當的噴嘴。此外噴嘴型式、噴桿高度與噴施壓力也會影響飄散量與飄散距離。

(2) 農藥物化性

揮發性強的劑型在噴施時易於飄散，如 2,4-D 及 mecoprop 酯化劑型較胺鹽的揮發性強，容易受到氣候因子的影響引起藥害。

(3) 氣候變化

風速為飄散發生的決定性因子，對小於 $150\mu\text{m}$ 的藥液粒子影響最大，飄散的總體積百分比，會隨風速增加成直線或平方關係的提高。風向則主要是對位於順風下方之敏感作物影響大。

(4) 噴施區特性

空曠或有圍籬之田區，會影響氣流行進的方式，及不同粒徑藥滴沉降的比例，所引起飄散的危害潛力亦有差別。噴施區作物的高度及密度，會改變植冠上方風速和氣流的分佈，因而影響藥液粒子掉落及穿透的程度。

藥液飄散除造成藥害問題，對人畜的安全性也形成了危機，因此防範飄散現象亦為減少生態壓力的重要課題。

2. 灌溉水污染藥害

耕作的單位面積小及作物相複雜為臺灣地區的栽培特色。北部水稻田與鄰近之設施蔬菜，即曾發生使用硫醯尿素類除草劑之田水，噴灌蔬菜作物引起植株生育異常，甚至死亡的藥害糾紛。南部地區之水芋田亦曾發生造成芋株軟化死亡之類似情形。

硫醯尿素類化合物於 1970 年代中期，發現具有極高之殺草活性，田間施用量降低至 $2-75 \text{ ga.i.ha}^{-1}$ ，仍能有效防除穀類作物田內大部份雜草，較傳統除草劑減少約 10-100 倍用量，為頗具潛力之雜草防治藥劑。一般直接噴施在植株上的藥劑，在施藥後一星期左右，對植株幼嫩的分生組織如莖頂枝梢及新生葉，會引起明顯的生育抑制；施用在根部之藥劑，因為吸收及轉移的過程，藥害發生可能延至施藥後十天以上。典型藥害徵狀包括葉脈紅褐化、葉肉黃化、嫩葉及芽體扭曲簇生，嚴重時發生葉片脫落和根莖停止生長的現象。

硫醯尿素類除草劑在田水中的消退，以二期作高溫下(26.5°C)的分解速率較一期作低溫下(20°C)為快，二期作田水中之藥劑殘留活性，會持續到施藥後十日左右，一期作則超過兩個星期。一般對禾本科之玉米和高粱，沒有明顯影響，豆科之大豆和綠豆，主要是接近維管束組織之葉基部，與葉脈處會發生黃化現象，但對油菜、白菜、青江菜、甘藍、芥藍等十字花科及空心菜和莧菜等葉菜類，除了黃化外

還會引起葉片的綳縮現象，在胡瓜、西瓜、番茄及茄子等瓜果類，也會引起葉片綳縮的藥害徵狀。十字花科的莖頂初生葉則呈現簇生聚集之綳縮現象。一般藥劑實測濃度在 40-55 ppb 範圍之田水，對大部份葉菜類都會引起明顯之藥劑損害。

不同作物發生之藥害

1. 水稻

水稻自發芽至成熟所需的時間長短，會隨品種和種植的環境而異。影響水稻產量的時期是在抽穗期之前，即有效分蘗數的多寡，而最終產量則與抽穗後的穗數、每穗粒數、稔實率和千粒重有關。因此生育期間的肥料供給和病蟲草的防治效果，均會顯著影響稻株的生育及產量。

育苗土中如殘留具高植物毒害之除草劑時，可能會導致根活性降低，秧苗生育抑制的現象。尤其在乾旱和低溫的氣候下，殘效長的藥劑在土壤中的分解慢，對敏感作物造成藥害的風險增高。此外使用促進秧苗生長之營養劑時，由於藥劑成份不明及品質不一，也出現植株枯死之藥害案件。

稻株進入幼穗分化等敏感生育期，若接觸到鐵鉀磷酸銨或其混合劑等，則有導致授粉和穀粒充實不完全的可能性。根據植保手冊登錄有關滅紋、殺紋寧及鐵鉀磷酸銨在水稻抽穗前 10 日使用，易引起稻株不孕。克枯爛混合鐵鉀磷酸銨、賓克隆、三賽唑或陶斯松任一種農藥，或同時混合賓克隆及歐殺松兩種農藥，均有可能發生藥害。

2. 蔬菜作物

蔬菜作物以食用部份可分為根菜類、莖菜類、葉菜類、花菜類及果菜類，臺灣種植的蔬菜種類超過 100 種以上，其中以生育期較短

之葉菜類栽培面積最多。蔬菜栽培的種類繁多，生育期長短差異大，短期葉菜類為 20-25 日，瓜果及結球菜類則長達 2-3 個月，病蟲的週年發生及耐性雜草的不易防除，均提高田區害物管理的困難度。登錄在蔬菜田的單劑與混合劑將近 200 種，用於防治多種蔬菜作物的病蟲草害，也反應出農藥在蔬菜栽培管理的重要地位。

蔬菜作物因為生育期的長短及可食部位的差異，受農藥影響的程度明顯不同。一般而言十字花科短期葉菜類最為敏感，瓜果類次之，但品種間也有差別。此外苗期蔬菜對農藥亦十分敏感，依得利提高施用濃度容易引起番茄及甜椒幼苗發生藥害，西瓜幼苗則對貝芬錳較為敏感。短期葉菜類蔬菜容易受到農藥的影響，而造成品質或產量上的損害，部份原因為收穫前無法恢復正常生育，較之甘藍及芥藍等生育期較長之蔬菜敏感。展著劑的添加不當也會抑制植株的正常生長，尤其是新生葉的綳縮捲曲及葉面積縮小，影響結球白菜等包葉菜類的發育。一般蔬菜類對農藥的反應是比水稻及果樹為敏感。

3. 果樹

臺灣目前栽培的水果種類高達 55 科 245 種以上，農民及各試驗改良場所研究人員，投入大量的時間與精神，研發果樹生育之最適環境、病蟲草害之有效防治策略、及利用催芽、催花等進行產期調節，因此果樹在不同生育期連續施用數種效果不一的藥劑，是栽培管理上普遍存在的現象。

已登錄使用在果樹病蟲草害防治及植物生長調節藥劑，包括約 200 種單劑及 70 種混合劑。由於藥劑表現的毒性程度，與作物種類及施用的方法有關，尤其是植物生長調節劑，生長期及器官組織間敏感度的差異更是顯著。另外在氣候環境的影響下，往往出現超出預期

且無法掌控的結果，此點可由果樹藥害案件發生的頻度，較之其他作物高出許多得以證明。

一般農民多定期施用不同效果的藥劑，促進果實發育及成熟，預防枝梢生長延緩、及落花、落果等生理障礙的發生，以及催芽、催花、打破休眠，達到產期調節的目的。如鳳梨以 NAA 及乙烯催花，荔枝使用益收防止隔年結果，或施用稀釋 10-20 萬倍之 2,4-D，促進果實發育及減少落果，蓮霧以化學藥劑做催花處理，芒果除在中果期增加日照外，也有施用藥劑促進果實的轉色，提高商品的價值。

果樹開花期及幼果期對藥劑較為敏感，開花期不可施用芬瑞莫、腐絕防治梨輪紋病及梅黑星病，亦不可使用甲基多保淨及免賴得防治蘋果黑星病。苗期植株對藥劑亦十分敏感，三泰芬會引起蕉苗藥害，百蟊克及賽福寧容易造成木瓜幼苗生長異常。品種間藥劑反應也有明顯差異；百蟊克、賽福寧、免賴得及硼酸提高施用濃度時，會導致木瓜藥害；易胺座濃度提高亦會引起梅樹藥害。不同器官對藥劑的反應亦不完全一致；平克座防治木瓜白粉病會造成新葉藥害；福木松、馬拉松、大滅松及滅大松若噴及木瓜葉片亦會發生藥害；鳳梨心部組織則對二硫松較為敏感。氣候因子會影響藥劑生物活性的表現程度，如高溫下嘉賜銅易引起柑桔藥害，貝芬錳會引起椽果藥害，可濕性硫黃會引起葡萄藥害。其他如施用普硫松防治番石榴粉介殼蟲時，須依樹勢及樹齡調整用藥量。展著劑的添加不當，也會抑制植株的正常生長，使用邁克尼防治印度象白粉病時，即不可隨意添加展著劑。

4. 觀賞植物

觀賞植物涵蓋的的種類很廣，除一般草本、宿根性花卉外，還包括木本的花卉及樹木，一般市面上常見的花卉有百餘種，分屬數十科，不僅在生育環境及生育期的長短上有極大的差別，甚至繁殖的方

式亦不完全相同。登記施用的防治藥劑琳琅滿目，針對同一害物，也因為發生的狀況不同，所使用的藥劑種類、劑型、有效成分亦不盡相同。如菊花、玫瑰、康乃馨及滿天星等，通常會塗抹或浸泡 NAA 或 IBA 等發根劑於扦插枝上，除促進發根外，同時促使發根整齊。多年生木本的貓柳用為扦插之苗木，也以發根劑及殺菌劑處理，達到縮短生育年限的繁殖目的。杜鵑為調節花期、增加花苞數目、調整樹型，常使用 PP333, CCC 等矮化生長調節劑，改善盆栽緊密度。以 GA 處理洋桔梗，促進莖的伸長，提升切花品質。觀賞植物除一般植物保護用藥外，植物生長調節劑的使用也頗頻繁。

觀賞植物中用為切花、切枝、切葉植物，及盆花、花壇等室內及庭園造景植物，許多是屬於一年生草本植物，對藥劑通常比較敏感，尤其是進入花芽分化期，藥劑施用不當不僅影響正常花期，甚至會改變花的外觀形態。一些品種繁多之花木，品種間的藥劑敏感度差異亦極為明顯；如某些殺蟎劑會改變特定品種之玫瑰花花色。根據農藥田間委託試驗結果；用於防治菊花白銹病之嘉保信 75%可濕性粉劑及 20%乳劑，提高施用濃度時會發生藥害。噴施依得利 25%乳劑防治蘭花疫病時，以浸漬方式處理蘭苗容易發生藥害。防治觀賞花卉白粉病時，提高保米黴素 50%水溶性粒劑濃度時有發生藥害之慮。至於植物生長調節劑的使用，不論是做為生育、繁殖的促進，或株型、花期的調節，因為藥劑生物活性極強，在施用濃度與時期上更應特別注意。

藥害診斷技術

藥害的發生通常是突發而不易預測的。藥害徵狀與病蟲感染、空氣污染、營養元素不平衡、及氣候環境因素等，所造成植物生育的

異常現象，往往因為不易掌握診斷的關鍵時刻，而無法明確的分辨。因此現場勘察成為搜集各類樣品反應的重要過程，由分析及比較不同植物表現的特徵，較易獲得普遍而一致的結論。此外由使用者提供之用藥與作物生育之背景資料，對藥害發生的推斷也是十分有用的。目前徵狀仍為最直接的診斷依據，但徵狀會隨時日而消失，或進展至更嚴重的褐化死亡，甚至因為感染了植物病原菌，而改變原有之典型特徵，若再加上徵狀在高低劑量上的差異，可想而知藥害診斷的複雜性與困難度。因此為避免干擾診斷的正確性，徵狀愈早發現愈易找出發生的原因。

正確的藥害診斷是逐步排除不可能的原因，並提出輔助性的直接證據。但一般受限於時間及技術的無法完全配合，因此並非所有案例都能達到全然理解的最終結果。目前以現場勘察、徵狀記錄及土壤或植體殘留分析，為藥害診斷的逐一步驟。

1. 現場勘察

藥害發生後現場所需觀察記錄的事項，包括田區內植株受害的徵狀及所在位置的規律性，如呈條狀分布時，須進一步確認是否與噴幅的寬度有關。其次周邊植株之受害徵狀與分布的距離關係，包括田區位置、灌排水方向、土壤型態、有機質含量、及鄰近作物的種類等，都應列入調查的對象。

此外目標作物田整地、施肥、作物的品種、使用的藥劑種類，及其他與種植作物有關之栽培管理，亦應盡可能的詳盡記錄。尤其施藥方面的資訊搜集，包括經常使用的藥劑種類、稀釋倍數、混合藥劑的種類、施藥的方式(撒施或噴施)、噴藥日期、噴藥時的作物生育狀態、作物發生異常生育之日期、噴藥前後之氣候狀況，植物病史及肥料施用情形等。從現場受害株分布的型式與徵狀，再根據包括超量使

用、混合藥劑的不相容、噴桶污染、土壤殘留及藥液飄散、灌溉水污染等引起藥害的一般性原因，較容易分析歸納藥害案例的可能因素。

2. 徵狀記錄

受害徵狀的觀察為藥害診斷最直接而快速的方法，但是類似徵狀會發生在同一類型的藥劑中、作用機制相似的不同種類農藥中，或因為曝藥量、吸收量的差異、甚至非農藥因子引起之生育異常。

許多病徵會與藥害徵狀相似，但病原菌大部份有專一寄主，同時可以在受害組織分離到病原微生物，但藥害組織也會發生微生物的二次感染而顯示綜合的病徵。土壤病害出現莖基軟腐的病徵類似萌前除草劑，毒素病引起的葉變形綳縮或葉脈黃化，則類似生長調節劑與光合作用抑制劑。寄生性線蟲會抑制根生長，幼苗嚴重矮化與二硝基苯胺系藥劑的作用結果相似，但後者不會引起葉褐化的現象。蟲害如稻細蟻會引起稻葉捲曲，莖稈乾枯斷裂，與除草劑伏寄普的徵狀類似，但前者稻稈剝開後，莖節處會發現蟲卵或糞便加以辨識。

土壤或植體內營養成份過高或過低，均會影響植物正常生育，缺錳會造成脈間黃化類似三氮苯系除草劑，土壤中含氮及鉀過高，會引起植株黃化、矮化、葉緣或全葉褐化、萎凋或幼株死亡，但營養元素的缺乏或過多，可由土壤檢測來確定。種植後施用肥料不當所引起之葉片灼傷及褐化等肥害，與葉面接觸型藥劑的作用類似。其他如空氣污染也會引起脈間黃化、葉緣黃褐化、及葉形扭曲等受害徵狀；低溫則會造成葉片黃化萎凋等現象。

徵狀的確認可輔助藥害的正確診斷，只是在不可預知的狀況下，常常無法適時的觀察，而喪失洞悉真相的先機。

3. 土壤或植體分析

(1) 生物分析：

選擇對農藥具不同忍受程度之藥害測試作物 3-5 種；如耐性之玉米，中感之胡瓜，及感性之甘藍或萵苣等，以濾紙包裹種子之浸藥方式，調查種子胚根伸長之抑制率，或播種在不同土壤混拌比例之測試土內，調查幼苗生長勢。並依據測試作物呈現之 50% 抑制劑量值，作為研判藥劑或土壤介質引起藥害發生潛力之依據。

(2) 植體內農藥殘留分析：

適合用為除草劑藥害診斷的直接證據。因為殺蟲劑或殺菌劑為了防治植株上之病蟲危害，會針對目標作物大量噴施，藥劑也多多少少會殘存在植體內，因此殘留量分析結果與藥害發生的相關性不高。一般使用化學分析方法或具高靈敏度之免疫分析法。

特定除草劑引起之藥害徵狀，不易區分之下情況下，殘留分析確為相當直接的證據。只是藥劑經過植體的代謝，通常在細胞內的濃度已降至極低，因此所採用之檢測方法通常須具備極高之靈敏度。目前針對某些常用除草劑，如 2,4-D、巴拉刈、草脫淨等，已有商品化之免疫分析測試藥劑組上市，不僅提供高達 ppb 或 ppt 之靈敏度，同時分析步驟簡單易操作，可取代一般層析儀器所需之繁複的萃取與純化前處理，利用在藥害診斷上，確可達某種程度之輔助功能，只是免疫分析測試藥劑之種類不多且價格偏高，在小面積零星發生之藥害案件診斷上較少使用。

此外針對除草劑的作用機制，也可以偵測特定生化反應變化的方式，提供藥劑引起植株生育異常的佐證。

(3) 模擬測試：

單純的藥害案件可從田區現場的勘察，及植株外觀典型受害徵狀的比對，歸納出可能的原因。但複雜而混亂的徵狀與受害株的分佈，尚需進行作物與施藥方式相近之模擬測試，作為藥害診斷的直接依

據。只是往往限於作物品種或生育期的配合難度，會延長診斷所需時間。

目前之藥害診斷申請之流程，應先訴請公證單位受理，由公證單位會同兩造當事人及改良場等試驗機關參與會勘，並進行現場採樣(含正常與不同受害程度之植株)，及送檢疑似引起藥害之問題藥劑，藥毒所會依據會勘紀錄，規劃適當之模擬噴施及相關試驗，最後綜合研判及診斷。

藥害診斷一方面希望得到發生的確實原因，另一方面也期望找到解決問題或糾紛的辦法，包括作物產量及品質的損害評估，田區再利用的風險，及賠償的責任歸屬問題。但一般因為發生的十分突然，且當栽培者意識到作物生育異常時，植株外觀及組織變化徵狀，大部份已進展到嚴重褐化萎凋的歷程，造成診斷上的干擾。因此提供藥害診斷所需之樣品時，應包括正常及不同程度受損之作物及雜草植株，才能進行客觀及明確的比對及診斷。但不論是否能得到周全的診斷結果，作物的損害終究造成，任何的補救措施都難以達到完滿的境地。因此正確而精確的使用農藥，不僅確保作物的安全，對人畜生命及環境品質也才有保障。

結語

農藥對植物的毒性，有作物種間、生育期及器官等不同劑量反應之差異性。水稻不論在品種及栽培技術的改良上，都已建立成熟的田間管理制度，且登記藥劑的種類頗多，可供選擇的機率相對提高。但蔬菜作物卻因為種類多耕地面積零散，可供參考之登記藥劑少，農友面對琳琅滿目之藥劑種類，往往只有接受販賣業者的經驗傳授，做為選擇藥劑種類及施用方法的依據。只是田間實際的施藥情形，也會

改變藥劑對植物的毒害程度，此點的疏忽成為蔬菜作物發生藥害的主因。果樹的分布橫跨高低海拔，地理環境的差異頗大，易受氣候的影響而顯現生理性障礙。如低溫及下雨會影響開花授粉及著果率；長期乾旱後突遇大雨，易導致果皮與果肉的發育不平衡而造成裂果；其他如日照影響果實的轉色等。生理障礙引起的異常現象與藥害徵狀，往往不易明確區分，甚至產生加成作用。如果皮上殘留之藥液，在高溫及日照下發生嚴重日燒、赤斑、及裂果等病變之複合現象。某些營養劑因為具有調節植物生長的作用，在沒有完整的試驗結果可供參考時，應特別注意劑量、植株生育期及方法上的安全性，尤其在與他種農藥混用時，更應考量其生物活性的變化。農藥藥效的表現十分快速，符合使用者的在短期內看到施用效果的期望，但因為藥劑的生物活性會受到環境因子及作物種間代謝能力差異的影響，若未能確實掌握反而造成負面的傷害，因此施藥時的劑量、作物生育期及施用方法等，對不同作物品種引起的反應差異均應審慎考量。