

# 農藥與植物藥害

蔣 永 正

農業藥物毒物試驗所 公害防治組

一、前言

二、作物對農藥的敏感性

三、農藥藥害發生的原因

四、農藥藥害的避免

五、農藥藥害的診斷

六、結論

## 一、前言

台灣農業生產因為作物品種的改良，施肥及病蟲草害管理技術的改進，以及採收前後處理作業的完備，在單位面積產量及品質上都有顯著的提昇。另一方面由於國民生活水準的提高，飲食習性的改變，對蔬果類非主食的多样化需求也大幅增加。

為滿足消費大眾及市場的供需，農民致力於作物產量品質的維持及產期的調節，遂形成本省複雜的作物相及小面積集約管理的耕作特色，加上夏秋高溫多雨、颱風頻繁的氣候，導致病蟲草等害物出現的種類與頻度激增，為要達到短期內即能快速壓制害物族群密度，同一時間同一地區的農藥使用量也有相對增加的趨勢。

農林廳植物保護手冊推薦使用在蔬菜與果樹病蟲草害防治，及植物生長調節的各種農藥，即登錄約有200單劑及170種混合劑，農民往往因為未考慮到作物種類、生育期及不同器官組織，對藥劑反應的差異程度，而自行混合多種農藥同時使用，尤其在極端異常的氣候環境下，容易吊起急、慢性或不可恢復的藥害發生，而影響到植株的正常生育及農民的日後收益。

## 二、作物對農藥的敏感性

作物對藥劑的反應為藥害發生與否的主要決定因子，一般可

分為敏感、容忍及抗性三種，但在不同品種、不同生育期或不同器官組織，對藥劑的容忍量會有明顯差異。農藥施用後是如何干擾植物的正常生理生化作用，引起植株生育異常甚至死亡的藥害現象呢？

基本上一個外來化合物在發生作用前必需先進入到細胞內的目標位置，而此目標位置通常是指對藥劑反應最敏感之生理生化作用進行時的所在部位；如葉綠體的膜蛋白即為許多光合作用抑制劑之結合位置，會降低光合作用的效率，同時產生具活性的物種引起過氧化作用，破壞膜的完整性導致細胞死亡；其他在脂質及胺基酸生合成路徑所需的特定酵素，和生長素作用時的受體亦可成為藥劑的作用位置。

一般除草劑因為所防治的雜草同為植物，因此對作物的毒性要比殺蟲劑或殺菌劑要高，而且以抑制光合作用為影響植物生育的最主要機制。而以昆蟲等動物為主的殺蟲劑、殺菌劑，或以病原菌為主的殺菌劑，又為什麼也有可能引起藥害呢？

因為一種外來物質多多少少都會干擾到植株的正常生育系統，雖然作物對外來化合物的侵入都有代謝解毒的防禦本能，但是在不同作物種類，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，短時間內吸收過多的外來物質，且無法加以分解利用或排出植物體，都可能發生藥害，這也是任意提高農藥施

用濃度，容易引起藥害的主要原因。

農藥對植物的毒性涵蓋所有導致植物受傷害時，藥劑與植物間交互作用的過程，即吸收、轉移和代謝作用。噴施型藥劑主要是由葉片吸收，而吸收的程度和藥液被植株的截留有關；藥滴本身噴出時所帶的能量、表面張力、葉表面性質及葉著生位置均會影響截留量；葉表臘質及臘質下的角質層對外界離子和水溶性分子的進入細胞提供了保護措施，但對於小分子的非極性分子，不論是主成份或溶有有毒物質之親脂性物質，則可以物理作用接近角質層表面。

另外在葉角質層上還有氣孔及茸毛；茸毛對農藥的吸收在某種程度上很重要，其在適當密度時會形成網眼，阻止藥滴從葉表滑落，使毒物質沉積量大於光滑的葉表面；氣孔則不能提供水溶液的進入，只是某些油性物質可經由敏感的保衛細胞，而傷害到排列在氣孔邊緣的細胞。

一般而言葉表構造對農藥進入細胞所形成的屏障，在藥劑主成份間沒有很大的選擇性差異，而與作物種類有明顯的相關性，如水稻等禾本科，因為具有包被臘質與角質層的葉表面，較之十字花科葉菜類的光滑葉表，對大部份的農藥都具有較高容忍性。

土壤施用型藥劑則根據地下部細胞內外溶液的濃度梯度，及隨土壤水的流動進入根、種子和地下莖等組織。因為大部份藥劑

的作用位置在細胞質、核或葉綠體等胞器內，故藥劑仍需跨過細胞壁及各類膜系，在同種植物的不同組織或不同生育期的細胞活性也會有明顯差異，對於藥劑的忍受程度表現亦不相同。

有些藥劑的作用點離進入的位置僅一兩層細胞，如聯啶類除草劑的巴拉刈進到含有葉綠體之細胞內即發生作用，不需做長距離的傳送。但對多年生萌後施用之除草劑，需從地上部轉移到地下部的營養器官，或土壤施用之光合作用型抑制劑，需從根部轉移到葉部才能發揮效果，因此農藥在植體內的傳導亦為影響其活性的主要機制之一。

由葉片轉移到頂端分生組織或成熟葉轉移到嫩葉的短程傳送，主要為細胞間的擴散作用，經由胞質間脈絡絲或細胞間隙的轉移。長程的傳送則包括韌皮部和木質部的運輸系統。除草劑在篩管內轉移的情形是配合光合產物的流動方向做被動運輸，只是一些藥劑分子也會與細胞內代謝物競爭攜帶者做主動傳送。若以韌皮部轉運為主的除草劑只在積貯器官，如種子或地下根莖等營養繁殖器官內大量累積，而其他組織接受到極少量的藥劑，會造成除草劑效果的不完全，因此部份藥劑會滲漏到周圍其他組織或篩管內隨同水分移動，這種韌皮部與木質部間的交換情形，主要和藥劑的膜透性、在篩管內的流速及植株的大小有關；2,4-D與嘉磷塞處理過的植株木質部內，即可

偵測到顯著的藥劑量。

根部所吸收之除草劑在導管內轉移之驅動力是土壤與大氣間水分潛勢的梯度，但在氣孔關閉時即使兩者水分潛勢差異極大，也不能提高木質部內的轉移速率，因此和植物的蒸散作用也有相關性。

除草劑分子在傳導細胞內的膜穿透能力與留滯程度，會影響其在植體內的分佈情形，中性親脂性分子易進入細胞內，但也容易往胞外流出，弱酸性分子則會以離子捕獲方式留存在細胞內；因此除草劑分子製劑成酯式結構可增加進入細胞內的量，待進入細胞後再轉變成具活性的酸式結構，可兼顧藥劑在植體內分佈完全及具生物活性的特質，但對抑制光合作用電子傳遞之除草劑，親脂性有助於其在類囊膜上的作用活性提高。

藥劑對同化物的生成、膜完整性及供貯組織的破壞，也都會降低其本身的移動性；如巴拉刈快速引起膜系的破壞，會導致藥劑在植體內的分佈不完全而影響控制效果。雖然藥劑在植體內的轉移速率會隨植物生育狀況而異，但最後在細胞內作用位置所累積的臨界量才是決定毒性的主要條件，當使用時超過其可代謝解毒的劑量範圍，則會引起生育異常的現象。

對除草劑而言在植體內的代謝解毒作用，為構成作物與雜草間選擇性的最重要機制。作物和耐性草內會快速將細胞吸收的藥劑

分解，避免累積到足以致毒的程度，實際上農藥在植體內的代謝情形為是否引起藥害的關鍵因素。

代謝的過程包括共軛結合、解毒及沉積作用；除草劑在細胞內先行分子內的原子或原子團置換，或直接經水解、氧化或還原作用與細胞內成分如糖類或胺基酸形成共軛結合物，當此共軛物在細胞或組織內移動時，一些糖類、胺基酸及脂質仍會繼續連結到此共軛物上，使分子增大而移動性減小，最後沉積在細胞成份上則失去生物活性；與糖類結合者會被區隔在液胞內，而與胺基酸結合者，如苯氧醋酸類除草劑則結合在細胞壁成分上。但有些除草劑還需要經過生物活化作用才具有植物毒性；如巴拉刈在光照下促使葉綠體膜產生毒物質，2,4-D和MCPA的酯式結構在感性品系內經過氧化作用後，才會轉變成具有生物活性的酸式結構。同樣在一些禾本科除草劑(如伏寄普、快伏草及甲基合氯氟等)也有經水解、氧化、還原或具可逆性的共軛作用，使藥劑產生生物活性而具殺草作用。共軛及解毒作用非為不可逆的途徑，部份會再進入細胞質內發揮活性，但經沉積作用後形成不可溶出之殘質，則對植物毒性會顯著降低。

農藥在植物體內的代謝不但有種間差異甚至還有種內的不同，因為在有酵素參與之解毒反應，植體間的同功酵素分佈型態會有差異，導致容忍範圍的不同。

此外植物在不同生育期對藥劑的反應亦有差別，全生育期內的敏感時期大部份在幼苗期和進入生殖生長之初期(如水稻的幼穗分化期)。另外也有組織和器官上的敏感程度的差異，一般在繁殖器官(如花粉和柱頭)要比營養器官(如葉片)對農藥較為敏感。

### 三、農藥藥害發生的原因

施用農藥最主要目的，即是達到安全而有效的病蟲草等害物的管理目標。農藥藥害的發生除了和藥劑的組成、劑型等物化特性有關外，實際而直接的原因在於成品農藥對作物的生物活性，包括吸收、轉移及作用等途徑，是否構成了作物在生長發育過程的危機。農藥對植物毒性的表現程度，會受到噴藥的方式及噴藥時的環境因子而改變，不僅導致目標作物發生藥害，還有可能引起鄰近非目標區敏感作物的不正常生育。

成品農藥在推薦使用前，都已經在委託試驗中測試過，對登記作物的生育沒有不良的影響，因此品質合格的農藥，若配合推薦方法施用是不會引起作物發生藥害的。但因為目前的委託試驗設計，並未針對非目標作物的測試，因此施用時有可能引起其他作物發生藥害。引起非目標作物發生藥害的途徑包括：使用殘留有農藥之土壤栽種作物，使用含有農藥之田水灌溉，及噴施易於飄散之藥劑。

通常在乾旱和低溫的氣候下，殘效性長的藥劑因為分解慢，容易造成敏感作物的藥害。灌溉水被除草劑污染也會引起非目標作物的藥害。本省目前水稻田多使用硫醃尿素類除草劑，如免速隆、百速隆及依速隆等防治田面雜草，因為這類藥劑施藥適期長，省工且效果好，頗為農民接受使用，但在施藥後10天內若使用其田水灌溉蔬菜、花卉等敏感作物，容易引起新葉黃化、皺縮等藥害發生；北部地區鄰近水田之設施蔬菜，及南部地區的芋頭都曾有過類似的案件傳出。

至於噴藥時所用之添加劑，因為會改變作物對藥液的吸收量而影響農藥的作用程度。實際上展著劑本身在連續施用下，也有造成展開葉黃白化、幼葉皺縮及葉面積減少等藥害之可能。

噴藥時噴嘴流量的控制、噴桶壓力的大小、噴桿高低及行走速度，均會影響田間實際的噴藥量，誤差能夠保持在推薦劑量的5%以內為佳。噴嘴口徑的型式與數目、噴桿的高度及噴藥時的行走速度，為造成植株重覆曝藥的主因。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。

其他如噴桶內藥液未攪拌混合均勻時，則對如可濕性粉劑劑

型之農藥，易造成局部田區植物的受藥量過高。在使用混合農藥時，若彼此間形成沉澱或凝聚成膠體，則噴施時也容易發生藥害，通常應先了解藥劑的物化性質。施用過除草劑如2,4-D或嘉磷塞等藥劑的噴藥桶，應澈底清洗，最好除草劑的藥桶勿再使用其他藥劑。

環境因子中溫度會影響農藥在植體內的作用情形；高溫會促進吸收和反應，加強農藥的效果；低溫會破壞植物細胞膜的構造，使植物對藥劑比較敏感。某些除草劑如2,4-D的藥害發生就和溫度有關。

噴藥時用為稀釋之水質，包括酸鹼度、電導度、鎂鈣等無機離子含量，因為會影響藥液中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，則有可能造成藥害。風向與風速會影響小粒子之藥液，隨氣流飛越之距離，造成藥液飄散的藥害例子。

對土壤施用型藥劑特別是除草劑而言，土壤質地會影響其在土中的持續性；農藥在土壤中會以物理方式移除，及化學、光及微生物方式分解而逐漸消失，前者包括揮發、淋洗、土壤吸附及被植物根所吸收。土壤吸附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，與藥劑的殘效性有關。吸附的發生為一帶電的土表粒子與藥劑分子以化學鍵結在一起的現象，和土壤有機質含量及粘粒成份有關

，不同類型土壤對藥劑吸附力會有相當程度的差異，若藥劑分子只是微弱的被土表吸附時，仍有可能再脫附至土壤溶液中，被植物根所吸收而影響生育，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酯化劑型，噴施後易引起非目標作物區的飄散型藥害，但對土壤施用型農藥，若土壤吸附性強則會減少藥劑的損失。而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，如鹵化脂肪酸系除草劑(得拉本)，即具高溶解度及低吸附性，較尿素系(如達有龍、理有龍)及三氯井系(如草殺淨、草脫淨)除草劑的淋洗程度為高。

農藥在土壤中的另一種消失途徑為分解，包括光分解、化學水解及微生物分解，這些分解作用的進行和紫外光的出現，土壤pH值及土壤中微生物相均有密切相關。殘留在土壤中的農藥有可能會被植物根所吸收，如育苗土或在土中夾雜的植物殘質，殘留有除草劑時會引起幼嫩植株的殘效性藥害。

其他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，亦有可能造成藥害；一般而言水質中若殘留有生物活性強的農藥，不論做為灌溉或噴施農藥之用水均不適當，因此個人在用藥後也應特別注意田區的管理與殘留農藥的清理。

#### 四、農藥藥害的避免

施藥量不足會導致害物的防治效果不完全，但施藥量過多則可能會立即引起作物發生藥害，甚至殘留在土壤中抑制後作的正常生育，因此正確掌握農藥施用量十分重要。一般造成曝藥量過高的原因，除施藥者自行提高用量外，大部份是因為噴施時的不均勻，包括溶解不完全或噴液中含有過多的泡沫，造成局部田區的施藥量過高，以及噴撒時行走速度或噴嘴出水量的不一致，產生重覆曝藥的現象，此在發生藥害的田區，很容易即可由受害植株的分佈型式，辨識出田間實際的受藥方式。

一般殺蟲劑和殺菌劑等的目標害物非為植物，因此要達到引起藥害的劑量，通常是要高出推薦劑量許多倍，或在作物敏感生育期施用，才有可能引起作物生育的顯著異常。但在除草劑的利用上，主要是根據其對作物與雜草間選擇性的差異，因此劑量的掌握十分重要。

除草劑的選擇性通常是以選

擇指數(selectivity index; S)為標準，選擇指數為抑制作物生長達10%之劑量( $ID_{10}$ )，與達到90%雜草防治劑量( $ED_{90}$ )之比值；即 $S = ID_{10(作物)} / ED_{90(雜草)}$ ，因此選擇指數值愈大時，除草劑對作物與雜草間的選擇性差異愈大，除草效果愈佳，引起藥害的可能性則愈小。而在實際田間應用上，是針對特定作物及其田區所發生的主要雜草種類，測定植物對藥劑的劑量反應關係並計算選擇指數，再參考環境因子的影響程度加以修正，而決定出藥害發生可能性最低，藥效發揮最大的田間適用劑量，這也是藥劑變換新劑型或增加登記作物範圍，均需重新申請進行有關藥效及藥害田間試驗的原因。

農藥混合施用為達到省工及掌握害物防治時效的常用方式，但混合農藥要達到擴大防治害物範圍的目的，而又不會引起作物藥害，則須注意混合劑中各單劑成份彼此間的生物活性及化學特性上的相容性。前者和噴施時的作物生育期、藥劑的作用機制及劑型中不同添加劑的生物活性有關；後者則主要和各單劑的溶解度大小及是否會產生沉澱有關。

通常兩種或兩種以上農藥混合施用時，理論上可能發生之反應包括：(一)協力效應，即混施效果大於各單劑使用效果之平均值；(二)加成效應，即混施效果等於各單劑使用效果之平均值；(三)拮抗效應，即混施效果小於各單劑使用效果之平均值。

一般殺蟲劑的理想噴施情形為噴液能達到最大的葉面覆蓋與附著量為佳，在高壓下噴出的液滴粒子愈小愈可滿足噴施效果，但對除草劑而言卻會造成藥劑飄散，引起鄰近敏感作物藥害的疑慮。此外成品殺蟲劑的乳劑或分散劑劑型中，所含有的油劑、有機溶劑、乳化劑和濕著劑，則會促進植物對除草劑的吸收，因此兩者混合噴施會減少除草劑的選擇性，提高藥害發生的機率，所以除草劑在混合劑中的比例不宜過高。

不同種類的除草劑混合，需特別注意藥劑間對作物生理影響的反應差異，例如光合作用抑制型除草劑(草殺淨及達有龍等)與二硝基苯胺系藥劑(施得圃等)混合時，因為後者會抑制細胞分裂與生長，影響到根系的發展，而減少前者在植物體的吸收與移動，因此混合劑的殺草活性降低；但光合作用抑制型藥劑若與胺基甲酸鹽類混合時，則因為後者會抑制脂肪合成，特別是臘質在葉表面的堆積，因而增加植株蒸散速率，而促進混合劑的吸收與移動加強其生物活性。此外聯苯醚系除草劑混合植物生長調節素型藥劑後，會影響前者在植體內的共軛結合作用，而改變其在細胞內的解毒速率。

田間農藥混合噴施時，各單劑成份應先加以稀釋再行混合，以免兩者發生化學反應；可濕性粉劑混合前則應先以少量水徹底溶解；乳劑及可濕性劑混合後若

靜置過久，會發生藥劑與水分離現象，即使在連續噴施過程中亦須防止藥液發生分離，以免造成局部田區的藥害；同時混合時應避免藥液中含太多空氣形成之氣泡，因為氣泡也會造成噴施不均勻的結果。

從作物種類及栽培特性來看，本省蔬菜作物種植的種類超過100種以上，為了提供消費者持續而多樣化的供應，在同一時間同一田區往往栽培許多不同種類的蔬菜，有時短期葉菜類在一年內重覆種植達10次左右，因為生育期的長短及可食部份的差異，受農藥影響的程度也有明顯的不同，一般而言十字花科短期葉菜類最敏感，瓜果類次之，但品種間也有差別，如佈芬淨會引起南瓜藥害；適用於蔥韭之菲克利，不得用於韭黃及韭菜花；納乃得及撲馬松僅適用於甘藍菜，施用在白菜及芥菜上會發生藥害。

此外苗期蔬菜對農藥亦十分敏感，番茄及甜椒幼苗於依得利提高施用濃度時容易發生藥害；貝芬錳亦不宜用於西瓜幼苗。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，部份原因來自收穫前不及恢復正常生育，因此較之甘藍及芥藍等生育期較長之蔬菜敏感。大體而言，蔬菜類對農藥的反應比水稻及果樹敏感。

果樹的生育與結果則多受到氣候的支配，同時果實的品質及色彩也受到溫度、濕度及風等氣象因素的影響。一般高溫多濕下

，果樹生育旺盛，但結果力不佳，且易落果。濕度低時花芽易分化，但樹形不易伸展，若養分又不能充足供應，樹命也會縮短。風的影響主要是在營養期的落葉，及開花成熟期阻礙授粉及受精。

果樹因為是一種多年生作物，落葉果樹由萌芽至落葉每年的生育期頗長，常綠果樹則周年不斷繼續營養生長，全生育期的病蟲危害極多，雖然目前已針對抗病蟲品種及砧木的選擇加以預防，但適當的果園管理，配合氣候環境變化，正確的施用農藥，則可遏止突發性病蟲危害的蔓延與擴大，且不失為速效、省工的一種方式。但在臺灣這種高溫多濕的熱帶及亞熱帶環境下，施用時藥劑與氣候交互作用的結果，往往容易引起敏感生育期或特定器官的果樹藥害，此為藥劑防治最應避免的副作用。

果樹因為生育期長，不同時期之病蟲草害防治或產期調節所使用的藥劑，對植物各器官發育的影響會有差異；一般開花期及幼果發育期較為敏感，因此噴施待克利防治抽穗蕉株的黑星病前應先套袋，使用芬瑞莫及腐絕防治梨輪紋病，甲基多保淨及免賴得防治蘋果黑星病，及芬瑞莫防治梅黑星病時，均不可在開花期施用。此外幼苗期植株對藥劑亦十分敏感，如不得施用三泰芬防治種植後3個月內之蕉苗葉斑病及黑星病，百 克及賽福寧防治木瓜幼苗白粉病時易引起藥害。

品種間藥劑反應也有明顯差

異，百 克、賽福寧、免賴得及硼酸提高施用濃度，會引起木瓜藥害，提高易胺座施用濃度防治梅黑星病，亦會引起梅樹藥害。不同器官對藥劑的反應亦應注意，平克座防治木瓜白粉病易引起新葉藥害，福木松、馬拉松、大滅松及滅大松防治木瓜赤圓殼蟲，不可噴及葉片否則易生藥害，二硫松不可施於鳳梨心部等。氣候因子會影響藥劑表現的程度，如高溫下嘉賜銅易引起柑桔藥害，貝芬錳會引起檬果藥害，可濕性硫黃會引起葡萄藥害。其他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。

除草劑類因為主要是抑制植物的生理生化作用，使用時必須特別注意其選擇性，除了作物種類外，施藥時期及方法都有可能影響植物的生長。此外，市售的一些營養劑，大部份都含有植物生長調節劑的成份，因為未列入農藥管理體系內，在標示不明及未經檢驗的情況下，農民不易掌握施用量而發生藥害，導致某些果實的品質或產量損失。展著劑添加不當也會抑制植株的正常生長，尤其是引起新葉綑縮捲曲及未完全展開葉面積縮小，影響結球菜類的包葉情形；另外，使用邁克尼防治印度棗白粉病時，添加展著劑也會引起藥害。

## 五、農藥藥害的診斷

已登記農藥使用在特定的推薦作物上，都有一定的安全範圍

，因為田間推薦的施用量，已涵蓋了作物的忍受範圍及氣候環境造成的不適影響。農藥藥害的發生是偶發而不易預測的，但是隨意提高劑量及混合農藥確是藥害發生的主因，因此大部份藥害的案例都是可以小心避免的。

有關藥害的診斷頗為複雜，尤其是單一農藥藥害的正確判斷更是不易，其他農藥、病蟲感染、空氣污染、營養元素不平衡及氣候環境也會造成植物生育的異常，因此除了現場勘察採樣分析外，由農戶、藥商及田間測定員提供的背景資料，對藥害的確認也是不可或缺的。

一般而言受害徵狀為最直接的觀察，但徵狀會隨時日而消失，或進展至更嚴重的褐化死亡，甚至因為再感染植物病原菌而改變原有的典型徵狀，及徵狀與劑量間的關係而干擾診斷的正確性，因此藥害徵狀發現愈早愈易判斷發生的原因，通常只從田間帶回單一樣品的觀察易使人誤導，雖然特定藥劑會顯現一定的徵狀模式，但田區分佈的型態常為診斷之鑰。

正確的藥害診斷是逐步排除不可能的原因，並提出直接的證據，一般受限於時間及技術的不足，並非所有案例都能完全達到理想的解決結果，目前現場勘察、徵狀記錄及土壤或植體分析為藥害診斷的主要步驟。

#### (一)現場勘察

田間藥害發生後，現場勘察需考量的事項包括：受害植株分

佈的型式，若為條狀分佈可能與噴幅的寬度有關；受害植株在田區周邊的分佈，及田區位置包括鄰近作物的種類與灌排水的方向；受害區土壤型態及有機質含量；植物受害器官或組織的特定性及一般性徵狀，以及鄰近作物或雜草是否受害？此外，有關整地、施肥、作物品種、藥劑使用種類及本塊田的栽培歷史都應做詳盡記錄。

其他相關資料的搜集包括：該作物目前常使用的藥劑種類，噴桶容量及稀釋倍數，混合之他種藥劑種類，種植及噴藥日期，噴藥時的作物生育期，藥劑撒施或帶狀噴施，噴藥前後之氣候狀況，植物病史及肥料用量等。針對引起藥害的主要原因，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、灌溉水污染等情形，從現場表現歸納出藥害發生的可能性。

#### (二)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類藥劑中，作用機制相似的不同種類農藥中，曝藥及吸收劑量的差異，及非農藥因子引起之其他的受害徵狀。許多病徵會與藥害徵狀相似，但病原菌大部份有專一寄主，此外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，毒素病引起葉變形皺縮則類似生長調節劑，

或葉脈黃化類似光合作用抑制劑，寄生性線蟲會抑制根生長，幼苗嚴重矮化則類似二硝基苯胺系藥劑，但後者不會引起葉褐化的現象。蟲害如稻細 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氯苯系除草劑，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，但營養元素缺乏或過多可以土壤檢測來確定。種植後施用肥料不當所引起之葉片灼傷及褐化，則類似葉面接觸型藥劑，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。

除草劑因為對植物的毒性強，在田間引起藥害的頻度較其他農藥為高，可依據其作用機制及藥害徵狀分類，做為特定藥劑辨識的參考。

1. 光合作用抑制型：主要的變化徵狀是葉片黃化及褐化，但三氯苯系除草劑是從葉緣開始的脈間黃化，尿素系除草劑則為葉脈黃化。土壤施用由根吸收之藥劑，會隨蒸散流往地上部移動，故徵狀多發生在成熟老葉上。

2. 生長調節素型：植株莖葉捲曲、產生不定根是為主要徵狀，但影響程度與植物種類、生育

期、曝藥量及曝藥時間有關。2,4-D被葉片吸收後，徵狀出現極為快速，低劑量下葉面皺縮且產生多條平行的葉脈，有如鳥羽狀，莖節處會脆裂變形，因為會累積在分生組織內，花果嫩芽也會變形；高劑量下則會引起上偏的捲曲，此點與同類型之三氯比所表現的下偏捲曲，後者形成類似眼鏡蛇頭部的杯狀葉片是不同的。

嘉磷塞的作用機制雖非生長調節素型，但對植株形態的影響也有類似的徵狀，會引起葡萄枝梢幼嫩葉片的羽狀變形，形成狹長葉、黃化、萎縮及枝端枯死。另外，如伏寄普、環殺草、西殺草等禾草類藥劑，作用在分生組織，會引起嫩葉捲曲黃化，但通常在葉色上還會有花青素累積之紫化現象。

3. 細胞分裂型：典型徵狀如施得圃引起的胚芽或根系粗短，抑制側根發生及植株矮化等現象。對玉米等禾本科作物，導致鞘葉無法捲成正常的筒狀；拔敵草則會促使高麗菜葉表不會形成光滑的臘質，易受外來物質的傷害；另外如拉草會引起玉米葉尖與中央部份相連而不能正常展開；硫醯尿素類藥劑的生物活性極強，除了抑制莖頂生長外，還會引起葉片皺縮、黃化及花青素累積的紫化現象。

4. 細胞膜破壞型：作用快速及在植體內轉移受限為本類型藥劑的特性。大部份屬於接觸型非選擇性如巴拉刈及復氯芬，引起組織脫水褐化；某些展著劑連續

施用後，也會因為影響膜透性造成葉片皺縮，葉面積縮小的現象。

斷上的干擾。但不論是否能得到

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，常常無法做適時的觀察，而喪失掉洞悉真相的先機。

### (三)土壤或植體分析

以生物分析方法，檢測土壤內所含生長抑制物質的活性，可以評估田區再利用的風險，以藥害測試作物組之幼苗生長勢反應，即可判斷土壤對作物生育的安全範圍。植體內農藥殘留分析，雖可提供藥劑被植物吸收的直接證據，但對殺蟲劑或殺菌劑而言，高量噴施是為了防治病蟲害，藥劑確定會存在植物體內，只是並不代表與藥害的發生具關連性。但在特定除草劑的辨認上，確為相當有力的證據，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，測定方法之靈敏度及複雜的前處理步驟，都有某種程度的需求。

單純的藥害案例可以田間現場勘察，及典型受害徵狀的比對，即可歸納出可靠的原因，但複雜而混亂的分佈與徵狀，則需藉助植體殘留之農藥測定，甚至組織切片等微細構造的觀察。藥害診斷固然希望得到最佳解決辦法，包括作物的產量及品質的損害評估，田區再利用的風險及賠償的歸屬責任問題，一般因為發生得很突然，當農友意識到作物生育異常時，徵狀的進展歷程大部份已進入了較嚴重時期，造成診

周全的診斷結果，作物傷害確已形成，終究不會達到完滿的境地，因此正確而精確的使用農藥，不僅確保作物的安全，對人畜的生命及環境的品質也才有保障。

## 六、結論

本省因為種植的作物種類多，且幾近全年無休的栽培環境，提供了病蟲草害物的適當繁衍場所，同時在消費者喜好選購沒有病斑及蟲孔農產品的心態下，目前這種農業人口老化，農村勞力欠缺的社會結構，導致農民仰賴農藥保護作物生育的程度日益加深，但是農藥種類繁多，在臺灣這種高溫多濕的熱帶及亞熱帶環境下，施用時藥劑與氣候交互作用的結果，對不同作物、敏感生育期或特定器官的毒性有明顯的差異而易引起藥害。

某些栽培面積少如根莖類蔬菜，在植保手冊上沒有推薦藥劑，更造成栽培管理上的困擾，農民往往會接受農藥販賣業者的經驗傳授，而選擇藥劑的種類，但實際在田間的噴藥時期及方法，卻會改變藥劑對植物的毒害程度，因此恪守正確施藥的一般原則，小面積先行測試未曾使用過的藥劑，用藥的同時更應謹慎小心，勿妨礙到鄰近非目標區敏感作物的生育，此點在藥劑委託試驗中是沒有涵蓋而容易被忽略的。