

公害鑑定案例介紹 - 農作物

徐慈鴻 李貽華

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

2005年9月20日

公害鑑定案例介紹 - 農作物

徐慈鴻 李貽華

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

一、前言

台灣地區農業公害問題發生日漸頻繁，主要是由於長期追求經濟發展的目標下，忽略了環保工作的重要性；加上早期土地區分使用未予以合理規劃，農田與工廠常毗鄰而立，導至農業生產環境日趨惡化。農林作物遭受疑似公害損害時，農民可向當地環境保護機關請求鑑定，若環保單位無法完成鑑定時，環保單位可先了解報案陳情原因並訪問受害人了解農作物受污染情形，然後洽相關之農業單位或研究機關共同派員到現場進行勘查、鑑定，在原因(即污染物)查明後，進一步則須查明污染源責任規屬，接著須請農業主管單位查估損害面積及程度，並做成會勘紀錄，以便評估產量與品質之損失，並進行協調補償。

何謂公害 (**public nuisance**)？依據公害糾紛處理法第一章第二條：「係指因人為因素，致破壞生存環境，損害國民健康或有危害之虞者。其範圍包括水污染、空氣污染、土壤污染、噪音、振動、惡臭、廢棄物、毒性物質污染、地盤下陷、輻射公害及其他經中央主管機關指定公告為公害者」。簡單地說，就是人類生存之環境受到污染或破壞，對人類本身或週遭環境造成傷害或影響。公害問題廣義地說是與環境污染問題有關，但一般所認為之「公害」是指污染物危害個人健康或權益時方屬之，如工廠排放廢氣造成人類呼吸系統之不適、工廠排放廢氣造成作物死亡或有異常徵狀、工廠廢水發生異味或惡臭使人們感到不適、工廠廢水污染造成農作物之損傷、工廠廢水污染造成養殖魚貝類死亡等。一般而言，污染若未對人們造成可見之損害，人們則常忽視而不以為意，但事實上，若污染危害或威脅到人類或人們生存之環境皆屬公害問題，如酸雨對森林生態之影響、酸雨對建築物之侵蝕、臭氧層受破壞而導至紫外光入射量增加繼而影響地球生態等皆屬之。上述之例子雖未對大眾直接造成可見之傷害，但其潛在之危險性，爾後可能對環境或其成員造成之影響尚難以估量，惟目前許多人所關心之公害問題只想該如何為自己爭取權益，該如何索賠，而忽略公害問題使我們生存之空間受到威脅，及其對人類的生命健康造成的影響。因此，生活在地球上的每一份子應就廣義之公害問題多加了解，了解公害是什麼？公害如何產生？該如何防患？繼而從本身

做起，重視污染之改善，尋求防患之道，減少公害問題之發生。就影響範圍而分，公害可分為地方性公害及全球性公害二種。

國內之公害糾紛多屬地方性公害。台灣地區農作物受害之公害糾紛問題發生頻繁，主要原因是農田與工廠毗鄰而立，工廠排放物若未經妥善處理，會造成農業生產環境日趨惡化。再者，國內農地栽培之作物相頗為複雜，常常小區農田內即有多種農作物，再加上各類工廠所排放之污染物亦極為混雜，因而使農作物受害之公害鑑定極為困難。

公害鑑定一般包含三步驟：原因鑑定、責任鑑定、程度鑑定。原因鑑定主要是要找出植物受害的因素；究竟是環境物理因子、或栽培管理不當、或水污染、或空氣污染、或其他有害污染源等，其重要工作是現場勘察及蒐證。責任鑑定則是找出罪魁禍首，即找出造成為害之污染源是由那家工廠所排出。程度鑑定則是由作物受害程度推估可能造成之利益損失，以便向責任者尋求賠償，損失包括產量減少及品質受損，此項工作須農業單位(縣市政府或地區改良場)協助查估。公害問題因涉及賠償問題，而使公害問題處理上更行複雜，而易造成所謂之公害糾紛。有關公害問題之鑑定，政府的各級環保單位是法定之執法機構，而農林單位及其他學術或研究單位都是以其專業立場協助鑑定。其流程見圖一。



圖一、公害案件鑑定流程

農作物受害之農業公害糾紛就污染來源而分，主要分為水污染及空氣污染。根據現場狀況，若為水污染所造成者，一般愈接近灌溉水源者其受害愈嚴重，水污染又可能造成土壤污染而間接為害植物。水污染為害通常可藉由水質或土壤分析找出為害因子，若排除水污染或土壤污染原因，則可能是空氣污染所致，工廠所排放之空氣污染物種類亦因工廠類別而異。台灣地區空氣污染物極為混雜，判斷田間植物是否遭受空氣污染為害是個極為複雜的問題，主要原因是會影響植物生長之因素頗多，包括病、蟲害，營養元素不平衡，氣象因子及農藥施用不當等，以致使空氣污染為害之判斷倍增困難，故空氣污染之鑑定必須要了解如何收集資料及如何解析資料，以作為判斷之用。

本文主要介紹田間空氣污染為害診斷時應該收集的資料，農民或參與公害會勘之相關人員可依上述八項要點進行資料收集，收集充分之相關資料有助於作客觀、正確之研判。並就「指標植物之利用」與「植體之化學分析」在空氣污染為害鑑定之應用作一說明。

一、田間空氣污染為害之診斷

1. 受害農作物之附近是否有污染來源

首先須觀察受害作物栽培區附近是否有工廠排放污染物可能引起作物產生受害徵狀，若有污染來源存在於受害作物之附近，則表示作物受害可能與空氣污染有關，但必須注意，空氣污染為害範圍不一定會與接近污染源與否成直線相關關係，而常會因污染物質之擴散呈點、線、面之分佈，污染物質之擴散及為害範圍與地形、氣候狀況、風向、煙囪高度、工廠排放量等因素有很密切之關係，因此在現場會勘時，這些因素相關資料皆需詳細收集，並作圖記錄之。

2. 污染物質來源與受害植物在地形上分佈之相關關係

了解受害植物生長之地理位置與污染物質來源相關關係常可協助辨別是否為空氣污染。譬如，若為山谷形之地形，工廠位置在山腰上，則主要為害區在山谷及山坡上；若為馬蹄形之地形，因污染物質受地形侷限而不易擴散，對植物之為害會更嚴重。

地形常會導致植物產生一些生理上之病害，而干擾鑑定工作，譬如出現徵狀之所在地與四週之地形比較，是屬較低之地區時，則一定要注意是否因缺少微量元素，或是排水不良而造成，而在此低窪地區病害也較多。若植物處於非常空曠之地區，則必須注意其為害是否因風害、或熱風或冷氣流所造成。沿海

地區則須注意風害或鹽沫危害。

3. 受害之徵狀及植物之受害部位

觀察植物受害之徵狀及其受害的部位常有助於判斷是否為空氣污染所造成或何種空氣污染物所致。大部分之空氣污染為害徵狀都是出現在葉面，故受害部位之顏色及徵狀之型態，葉子之成熟度，受害葉片在植株上之部位等狀況都必須詳細記錄，最好是配合照相記錄。鄰近地區健康植株之相同部位亦必須照相加以比較之。

若能連續記錄徵狀發生之過程對空氣污染鑑定上有極大之助益。徵狀開始形成至受害葉片枯萎或掉落整個過程是最佳觀察時間。在枯萎葉片中會有新葉再長出，而已枯萎之葉片極易受病蟲害之再次感染而使鑑定判斷工作易遭混淆。判斷是否是空氣污染為害之最佳時間是危害剛開始形成時，並繼續觀察徵狀之發展，直至徵狀完全形成為止，延後觀察將由於病蟲害二次感染及其他因子之介入而混淆正確之判斷。除受害徵狀觀察外，對於受害植物之受害部位，受害植物之品種，徵狀出現所需之時間等，都須詳細記載以利判斷。

空氣污染為害植物時，在同一植株上其徵狀在不同部位之分佈極為均勻，但有些老葉由於接觸時間較長其受害徵狀可能較嚴重。若同一植株上僅某一莖上之某一分枝的葉片產生徵狀，則必須進一步詳細檢查是否有其他病蟲害或機械傷害為害此莖或分枝之基部。土壤中微量元素之缺乏或營養或水份不平衡時所造成之病徵亦會均勻分佈於植株上，須特別注意。

一般空氣污染物並不是經常存在於空氣中，通常其為害新葉或未成熟葉片之機率較小，剛成熟之葉片因氣孔發育完全且生理作用最為旺盛，對空氣污染最為敏感。故若於未成熟之新葉上或已成熟之老葉上都有徵狀時，則須考慮凍害、露害或農藥藥害等因素。

4. 受害植物之分佈

受空氣污染為害之植物一般都分佈在污染物質來源之下風處，因此植物受空氣污染危害之徵狀以迎風面較為明顯。但污染物之擴散又受地形、氣象、污染源排放之高度(煙囪高度)及污染物之排放量等因素影響。若污染源是面的分佈，則受害範圍較廣；若為點之分佈，則受害範圍常在下風處成帶狀。高煙囪有利污染之擴散，反之，接近地面的燃燒或污染排放，其污染物多沿著地面飄移，污染範圍較小。污染排放時之氣象狀況亦會影響擴散範圍，例如白天高溫

而夜晚迅速冷時，因地表冷卻，而數十至數百公尺的大氣層溫度仍高，此時會阻礙下方污染物之上升，因此污染物會不易擴散。

5. 是否有其他生物因子之為害(蟲害、生物性病害)

其他許多生物因子也會造成類似空氣污染為害之徵狀，這些為害情形可利用放大鏡檢視或切片觀察鑑別之。如蟎類為害徵狀乍看之下與臭氧之為害極為相似，但可利用放大鏡查看葉片是否有蟎之遺體或分泌物即可作一正確判斷，因此公害鑑定時應請蟲害方面專業人員協助，利用切片進行組織觀察可協助正確判斷。

真菌是另一種會產生與空氣污染為害相混淆徵狀之因子，真菌為害者可藉顯微鏡觀察出。但受空氣污染為害之葉片常易遭腐生菌感染，故植物受害宜於徵狀發生早期時進行觀察以利分辨。至於是否受真菌、細菌或毒素等為害亦需委請植物病理學專家協助鑑定之。

有關植物(農作物)病蟲害之診斷可洽詢各地區之農業改良場或本所作作物病蟲害診斷服務站。

6. 同一地區是否有多種植物受害

生物因子為害植物其選擇性通常較高，而空氣污染為害之選擇性較低，此特性是公害鑑定時極為重要之參考訊息。即同一地區內若多種作物都出現受害徵狀，只是受害程度有輕重差異時，則以空氣污染為害之可能性較大。因此現場會勘時，周邊植物之外觀需詳細觀察，尤其是自生植物，自生植物對環境之適應性強，利用當地自生之雜草或雜樹所呈現之徵狀可輔助空氣污染鑑定。荷蘭即利用多種植物建立「國家空氣污染監測網」，包括：對HF敏感之唐菖蒲與鬱金香、對O₃敏感之煙草與菠菜、對PAN敏感之小蓴麻及早熟禾、對SO₂敏感之苜蓿及蕎麥、對乙烯敏感之矮牽牛及對Cd、Mn、Pb及Zn敏感之多花黑麥草。

7. 植物栽培之歷史

受害田區之前期作物種類、前期作物使用之農藥及肥料都極有可能對後期作物生長產生影響。土地之利用歷史若能詳細記載當有助於植物生長異常時尋找其受害原因。作物栽培過程使用之農藥、肥料或生長調節劑亦應詳細記載，包括種類、倍數及施用時間等。例如水田施用殺丹後，水稻收穫後再種玉米時，

土壤中殘留之殺丹會抑制玉米之生長，但此因素極易被忽視而不覺。周邊其他作物田是否施藥亦是會勘時應注意的，噴施農藥因飄散而對非目標田間造成藥害在本省亦有所聞。例如甘蔗田施用殺草劑因飄散而造成鄰近葡萄園受害。

8. 指標植物之利用

前述七項判斷方法主要為分辨出作物是否因空氣污染而受害，而非受到病蟲害或天然環境迫害，但仍不易明確指出是何種污染物之為害，為明確了解是何種污染物所致，有時可藉由植體之化學分析找出污染物；或利用植物對某一污染源所顯現之專一性病徵作為指標。利用不同植物對同一污染物反應程度的差異也可輔助判斷是何種污染物所致，如胡瓜及萵苣對二氧化硫較敏感，水稻及芹菜對二氧化硫則較具忍受性，若受污染區同時栽培有上述作物時，則可由作物受害程度之差異加以輔證。參考植物對不同污染物反應之基本資料有助於污染為害進一步判斷之用。”空氣污染指標植物之利用”及”植體之化學分析”於下節詳細說明。

二、空氣污染指標植物之利用

利用指標植物可闡釋環境狀況，亦可利用指標植物監測空氣品質或協助公害糾紛判斷。利用指標植物監測空氣品質可分為預警及監測兩種。敏感植物對污染物很快地顯現出受害徵狀可作為預警之用；而具忍受性之植物則可利用其反應程度與污染量之相關關係作為監測之用；另外，污染物於植物體中若具累積性，並可反映出環境中污染物之相對濃度，則可藉由植體分析來推估環境中污染物之含量。當遇到疑似空氣污染為害農作物之案例時，在現場可充分利用當地植物之反應作為指標，以協助公害糾紛之判斷。指標植物之應用可歸為下列四項：

1. 對污染物敏感之植物，主要可作為預警之用，可由其對污染物所產生之徵狀了解其生長環境品質之變化。由國內外相關資料顯示，利用對空氣污染物極敏感之植物作為指標植物極為普遍；可作為二氧化硫污染之指標植物有紫花苜蓿、大波斯菊、矮牽牛等；可作為氟化物污染之指標植物有唐菖蒲、落花生等；可作為氯氣污染之指標植物有白菜、菠菜、番茄等；可作為臭氧污染之指標植物有菸草、菠菜等；對乙烯敏感之植物有芝麻、金魚草等。荷蘭國家空氣污染監測網則用多種植物之徵狀反應來監測空氣品質，見表一。國內亦有學者利用指標植物來監測空氣品質；台中區農業改良場謝慶

芳技正利用對氟污染敏感之植物－唐菖蒲、花生及牽牛花等作為空氣中氟化物變化的指標植物；台灣大學孫岩章教授利用龍葵及劍葉萵苣作為過氧硝酸乙醯酯之指標植物，監測並追蹤本省過氧硝酸乙醯酯之污染情形。

2. 植物對環境中之污染物除能產生各種定性之反應外且能表示反映污染物的量，則可利用作為監測指標。但須找出植物反應與污染劑量之相關關係，通常多利用植物受害病徵面積來表示污染量之範圍。
3. 有些污染物會累積在植體，由植體中污染物之含量亦可得知環境品質之變化狀況。長期生活在污染環境中的生物可反應出污染之過程或累積污染量，例如，歐洲許多國家是利用多花黑麥草(*Lolium multiflorum*) 植體中的氟含量來推估空氣中氟化物的含量以監測空氣品質。Wegener(1992)利用泥炭蘚監測製鋁工廠周界之多環芳香族碳氫化合物及重金屬含量，監測工廠週邊大氣中重金屬及PAHs之擴散污染範圍，發現泥炭蘚可用於主動監測大氣中PAHs污染而達監測環境品質之目的。筆者等發現昭和草、咸豐草、藿香薊及野塘蒿等野草具有耐氟及累積高量氟化物之特性，適合作為台灣之氟污染監測植物。大花咸豐草對PAHs亦具累積性，利用大花咸豐草可監測有機污染物PAHs之擴散污染範圍。
4. 抗性強之耐污染植物，由於其抗性強而成優勢種，則可作為環境污染之生態指標。歐美地區利用苔蘚及地衣出現之種類、種類數及出現率可初步了解該區之環境品質，一般而言，愈近污染源地區因受污染物之影響，多數地衣不易存活，僅具耐性之地衣方可存活下來，因此愈近污染源存活之地衣種類數愈少，量(覆蓋度)亦普遍較其他地區為少。英國利用地衣種類劃分空氣污染帶，如SO₂濃度在高於35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上時松蘿屬地衣(usnra)則不易存活；SO₂濃度高於60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上時，生長於樹上之灌木狀地衣(fruticose)不易存活；SO₂濃度高於70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上時，生長於樹上之葉狀地衣(foliose)不易存活，隨著濃度增高，可存活之地衣種類愈來愈少，因此由存活之地衣種類可推估SO₂濃度。

表一、荷蘭國家空氣污染監測網利用之指標植物

植 物 種 類	空 氣 污 染 物	徵 狀 或 影 響
唐 菖 蒲 鬱 金 香	氟化氫	葉尖及葉緣壞死，植體中累積之氟含量
煙 蒴 菠 菜	臭氧	葉上表面白色斑紋狀
小 蓴 麻 早 熟 禾	過氧硝酸乙醯酯	葉下表面白色斑紋狀
苜 蓿 蕎 麥	二氧化硫	葉脈間褪綠和壞死
矮 牽 牛	乙烯	花芽脫落、小型花
多 花 黑 麥 草	氟，鎘，錳，鉛，鋅	植體中累積

引用自 Posthumus, 1984

三、空氣污染危害時植體化學分析之利用

農作物疑受空氣污染為害時，農民常會帶著受害作物要求環保單位或農業單位協助分析鑑定，並希望有分析檢驗報告以利求償；許多污染物對植物造成為害後，其在植物體內已不復存在，或已轉變成其他物質，故不易以化學分析方法來鑑定，而植物體之化學分析在某些情況下仍可協助空氣污染物之確認。

較適合利用植體分析來鑑定是否為空氣污染為害之污染物須具有下列特性：有累積性、不易被分解、且非植體中普遍存在。具有此特性之污染物有：氟化物、氯化物、重金屬微粒及戴奧辛、多氯聯苯、多環芳香族碳氫化合物等。

二氧化硫進入植物體後會形成硫酸根或亞硫酸根離子，這些離子會影響植物之代謝作用而對植物造成傷害，其影響情形視其存在之形式或量而定，一般而言，亞硫酸根之毒性較硫酸根離子強。經試驗證明，受二氧化硫為害之植物其可溶性硫酸離子含量明顯地增加，所以可藉由硫酸離子或硫之含量了解環境是否受遭受二氧化硫污染，因植體本身亦含有硫，所以只能以相對比較值來加以

判斷植體受二氧化硫污染之可能性；另植體中硫或硫酸離子之含量與其暴露環境硫含量並不呈直線相關，故無法定量監測。

氣態氟化物主要是經由氣孔進入葉部，隨蒸散流移至葉尖及葉緣處累積，植株受害後甚至死亡後皆可自植體中分析出氟之含量，因此利用植體中氟含量除可助於鑑定是否為氟化物為害外，尚可推估空氣中氟之污染情形。植體可利用1N鹽酸萃取，再加總離子強度調整緩衝溶液(TISAB)後，利用氟選擇電極分析氟含量。

氯化氫為害植物亦會在葉片中造成氯的累積，但累積情形並不很顯著，再因植體中已含有大量的氯且會自土壤中吸收氯，因此由化學分析植體中之氯含量並不能直接証實是由氯化氫所造成，亦是相對比較值來加以判斷植體受氯污染之可能性；植體經萃取後可利用離子分析儀 (Ion Chromatography) 檢測氯離子含量來輔助鑑定。

含有重金屬之微粒或薰煙進入植體後，會在植物組織內累積且不會被分解，此累積特性可以利用化學分析協助鑑定；含有重金屬之微粒或薰煙沈降於土壤，亦會造成土壤受污染而被植物吸收累積。植體中之重金屬含量可利用原子光譜儀(A.A.)或誘導偶合電漿放射光譜儀(ICP-AES)檢測鑑定。

空氣中戴奧辛雖未發現對直接產生危害，但植物上戴奧辛之累積極可能經由食物鏈之生物累積作用而危害人畜。1999年，在歐洲比利時曾發生雞肉及乳製品受戴奧辛污染之情形，追蹤原因發現，雞肉受污染是因食用了被污染之飼料，而飼料是因製造原料的牛肉受到污染，牛肉則是因牛食用受污染之牧草所致，牧草之污染來源是因垃圾焚化廠排放之戴奧辛(環保署，2004)。有機化合物(多環芳香族碳氫化合物、多氯呋喃及戴奧辛、多氯聯苯等)可經由葉部氣孔進入或自土壤吸收，在植體內累積且不易被分解，此累積特性可以利用化學分析協助鑑定；植體中之有機污染物經萃取後可利用氣相層析質譜儀(GC/MS)或高效液相層析儀(HPLC) 或高效液相層析質譜儀(HPLC/MS)檢測鑑定。

四、結語

空氣污染對植物造成為害後本身即迅速消失無蹤，造成空氣污染為害鑑定上極大之困擾，解決空氣污染糾紛之最大困難即在於危害物之鑑定，此時若能借助上述之「污染物對植物為害所造成之徵狀」、「病徵之漸續發展情形」以

及「植體之化學分析」，對解決公害糾紛當更具公信力；但並非所有空氣污染物皆可藉由植體之化學分析予以鑑定，而無分析報告常較無法取信大眾，造成公害糾紛鑑定人員不少困擾，公害鑑定人員面對公害問題時只能詳盡收集各類資料予以判斷，讓民眾對公害鑑定結果更為肯定。以下介紹幾個案例，讓大家可較實際了解。

農作物受害案例介紹

1. 高雄縣大社鄉番茄及絲瓜疑受酸雨危害
2. 桃園縣龍鄉茶樹受氟污染危害
3. 台中縣龍井鄉水稻田受偷倒廢液危害
4. 台中市南屯區水稻受強氧化物類氣體外洩危害
5. 桃園縣觀音、新屋鄉地區火龍果疑受空氣污染危害
6. 嘉義縣溪口鄉海桐受垃圾掩埋場污水處理廠污水危害
7. 高雄橋頭鄉之粒狀污染物－蜜蜂排泄物
8. 高雄縣永安、彌陀地區葉菜類蔬菜受光化氧化物危害
9. 台中市北屯區之蜜蜂排泄物污染
10. 宜蘭縣水稻受水污染（油污）危害