

農作物污染監測講習會

# 空氣及水污染對植物之影響

李貽華 徐慈鴻

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

2005年9月20日

# 空氣及水污染對植物之影響

李貽華 徐慈鴻

行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

## 一、空氣污染對植物之影響

空氣污染是指空氣中含有足以直接或間接妨害國民健康或生活環境之物質。依據空氣污染防治法及相關規定所定義，空氣污染物可分為四大項目，分別為氣狀污染物（包括硫氧化物、一氧化碳、氮氧化物、碳氫化合物、氯氣、氯化氫、氟化物、氯化烴等）、粒狀污染物（包括懸浮微粒、金屬煙煙、黑煙、酸霧、落塵等）、二次污染物（指污染物在空氣中再經光化學反應產生之污染，包括光化學霧、光化學性高氧化物等）及惡臭物質（包括氯氣、硫化氫、硫化甲基、硫醇類、甲基胺類）等。

台灣地區常見空氣污染物主要來源為工廠及交通運輸工具所排放之廢氣及微粒，如：二氧化硫、氟化物、氮氧化物、臭氧、氯氣等有毒氣體及水泥灰塵、煙煙等固態污染物。空氣污染之影響可分五方面，分別是：(1)對大氣品質之影響，如：能見度變差。(2)對植被(vegetation)之影響，如危害農作物造成減產。(3)對人類的直接影響，如呼吸道疾病、眼睛的刺激。(4)對動物的影響，如氯氣外洩造成雞隻中毒死亡。(5)對物質之破壞，如建材受酸雨的腐蝕等。

農作物受空氣污染之影響，可能發生病斑或凋萎，或農產品品質降低，或產量減少。台灣農地面積不大且栽培之農作物種類繁多，再加上各類工廠所排放之污染物亦極為混雜，因而使台灣地區之公害鑑定極為困難。解決空氣污染糾紛之最大困難在於為害物之鑑定，因許多污染物在造成為害後在植物體內已不存在，或已轉成其他物質，故不易以化學分析方法來鑑定，而污染物對植物為害所造成之徵狀及受害徵狀之漸續發展情形，是空氣污染危害農作物鑑定之重要依據。

### (一)常見空氣污染物之來源

#### 1. 硫化物 (sulphides)

硫化物包括 $\text{SO}_2$ 、 $\text{SO}_3$ 、 $\text{SH}_2$ 和 $\text{RSH}$ 等，其中以 $\text{SO}_2$ 、 $\text{SH}_2$ 所佔比例最多，亦

為引起土壤、水質酸化之主因。二氧化硫屬一次污染物(primary pollutant)。在活火山地區有天然產生之二氧化硫。而人為的二氧化硫污染來源主要是含硫的煤炭及石化燃料的燃燒。除燃燒外，含硫之礦石於冶煉過程中；石油及天然氣之生產、精製及利用；硫磺與硫酸之製造等皆會釋放出二氧化硫。台灣地區二氧化硫之主要污染來源為燃燒煤炭或石油，早期二氧化硫對農作物之污染為害案例佔台灣地區眾多空氣污染源之最。二氧化硫屬點源污染物，對作物之影響範圍主要發生在污染源附近，作物受害範圍與污染源會呈地緣性關係。

## 2. 氮氧化物(nitrides)

包括NO<sub>2</sub>、NO、NO<sub>3</sub>、N<sub>2</sub>O及氣態NH<sub>3</sub>。其中之NH<sub>3</sub>除非是因工廠意外溢出造成地區性污染危害外，否則極少會對人或植物造成直接傷害。一氧化氮(NO)及二氧化氮(NO<sub>2</sub>)是兩種較主要且會為害植物之氮氧化物。氮氧化物的形成主要是因為燃料燃燒而產生。使用油料、天然氣之工廠、天然氣壓縮、有機廢棄物焚燒或交通工具等皆會有氮氧化物自其廢氣中排出，對農作物威脅較大者通常為自硝酸製造工廠或是使用硝酸之電焊、金屬清洗工廠所排出之氮氧化物。氮氧化物對作物之影響範圍主要發生在污染源之鄰近，氮氧化物亦可能經光氧化反應而形成臭氧或過氧硝酸乙醯酯等化煙霧等二次光化污染物而造成另一類危害。氮氧化物之為害來源包括點源及非點源。

## 3. 碳化物(carbides)

包括CO及CO<sub>2</sub>，其對植物之毒性不大，除非是極高濃度否則不會直接傷害植物。但CO對動物尤其是哺乳動物卻是個可怕的「殺手」；而CO<sub>2</sub>被認為具有「溫室效應」，能調節地球大氣之溫度。CO不似CO<sub>2</sub>能被綠色植物所吸收利用，其對植物之影響不明顯。

## 4. 氧化物(oxides)

大氣中之氧化物主要包括臭氧(O<sub>3</sub>)及過氧硝酸乙醯酯(Peroxyacetyl nitrate，簡稱PAN)等光化污染物，此類污染物均具有強烈氧化能力。平流層(stratosphere)中之臭氧分子能強烈吸收來自太陽之紫外線，減少紫外線對地球生物之傷害，但對流層(troposphere)中之臭氧分子及光氧化物質屬於二次污染物(secondary pollutants)，亦有學者稱之為光化學煙霧(photochemical smog)，其來源主要是汽機車及工廠所排放的碳氫化物、氮氧化物進入空氣中，經過陽光

的照射後，產生一連串的化學反應而分解產生臭氧、PAN及醛類等物質，這些光氧化污染物在大氣形成煙霧狀，可蔓延飄散，因此不論都會區、工業區或鄉村皆可發現其存在。台灣地區臭氧的濃度以冬季較夏季高，而南部地區又高於其他地區，根據環保署資料，10-12月南部地區之臭氧濃度最高值可達90-100ppb(環保署之8小時平均值為120ppb)。

#### 5. 鹵素及鹵化物(halogens and halides)：主要包括氟化物、氯氣及氯化物等。

(1) 氟是大自然中普遍存在之元素，常以氟化物的形態存在於土壤或礦石中，如螢石、黑雲母、磷灰石及白雲石等。自然界之氟化物以氣體、顆粒或吸附在固體微粒上等形式而到達植物體，19世紀末期已有報告指出氟化物會對農作物造成不良影響，大氣中最具植物毒性之氟化物為氣態之氟化氫(HF)。除自然界中之氟化物外，工業上也常產生氟化物，如製造磷肥、磷酸或磷元素時會放出氟化物，磷肥工廠可能逸出之氣體有氟化氫或四氟化矽；煉鋁及煉鋼時因電解過程中加入冰晶石、螢石助熔會有氟化氫產生；煤炭含氟量約為0.008%，煤的燃燒是大氣中氟化物的另一來源；另外，磚瓦、陶器及水泥在製造過程中，原料在加高溫時會放出氟；氟化氫製造廠、石油醚提煉廠亦是氟化物之另一來源。歐美地區，植物受氟污染為害普遍發生於製鋁工廠及磷酸工廠週圍，台灣地區植物受氟化物污染為害之情形則多發生於磚瓦、陶瓷、玻璃纖維等工廠周圍，如桃園鶯歌、龍潭地區、南投集集地區、彰化花壇地區等。

(2) 氯氣主要來自石化工業、廢水處理廠、自來水處理廠或氯氣貯槽，氯氣是黃綠色且具有臭味之毒性氣體，氯氣具強氧化性，在塑膠工業及其他化工工業上是重要之原料。由於氯氣對生物具有毒性，因而在工業的操作上都極為小心，其造成之污染為害屬地區性。

(3) 氯化氫常是製造有機氯化物之副產品，氯化氫易由廢氣中清除，其污染多屬意外之外洩。在空氣中是氣態或是以鹽酸微粒形態存在。

#### 6. 固態污染物(particulate)

固態空氣污染物又稱粒狀污染物；主要來自煤炭或石化燃料焚燒、金屬熔解或精製、工業廢棄物燃燒及木材燃燒等。種類極多，如黑煙、燻煙、煙霧及落塵等，早期臺灣地區最常發生會對農作物造成危害之粒狀污染物多來自水泥工廠，近年來工廠排放黑煙之為害案件亦漸增多。

沿海地區由東北季風帶起之鹽沫(salt spray)，主要成份含氯、鈉、硫及鈣等。沙塵暴亦屬固態污染物，主要成份為土塵，影響範圍可擴散至極遠，近年來其影響已引起重視。

## 7. 有機化合物(organic compounds)

主要包括碳氫化合物(如乙烯、醛類、酮類、有機酸、酚類等)、多環芳香族碳氫化合物(polycyclic aromatic hydrocarbons, 簡稱PAHs)、多氯聯苯(polychlorinated Biphenyl, 簡稱PCBs)、多氯呋喃(Polychlorinated dibenzofurans, 簡稱PCDF)及戴奧辛類(Dioxin, Polychlorinated dibenzo-p-dioxin, 簡稱PCDD)等。多氯呋喃、多氯戴奧辛及多氯聯苯等有機污染物具累積性，易在食物鏈因生物累積為害生態成員，在歐洲即發生雞肉及乳製品受戴奧辛污染之情形，追蹤其原因發現，雞肉受污染是因雞食用了污染之飼料，而飼料是因製造原料牛肉受污染，牛肉則是因食用受污染之牧草而致，牧草之污染來源是因焚化廠排放之戴奧辛；戴奧辛至今仍為環境污染的一個嚴重問題，而所有工業化國家的人民均難以避免暴露於這些毒物。多環芳香族碳氫化合物(PAHs)主要因含碳化合物不完全的燃燒或石化燃料使用過程所產生。PAHs為兩個或以上苯環所構成的化學結構物，非常穩定，不易在自然界中自行分解，脂溶性高易在生物體中累積，可藉由食物鏈的累積而危害人體。PAHs中之benzo(a)pyrene已被証實具致癌性；PAHs中之acenaphthene、anthracene、phenanthrene、fluorene、fluoranthene、pyrene、benzo(a)pyrene等化合物，為目前美國環保署優先列管之毒性物質，其在植物中之累積經由食物鏈影響極大，日本及歐美許多國家在植物上皆發現其累積，筆者對台灣地區污染源周邊植物進行PAHs含量探討，發現葉片中有PAHs累積現象。乙烯與氯氣形成氯乙烯(VCM)，再聚合成聚氯乙烯(PVC)，聚氯乙烯為塑膠原料，所以乙烯是石化工業區極為重要之產品與原料，其對植物生長之影響屬點源污染。

## 7. 酸雨(acid precipitation，又稱酸性沈降)

由於大氣中含有大量的CO<sub>2</sub>，故一般雨水本身略帶酸性，pH值約為5.6，若雨水之pH值小於5.6則稱為酸雨。所謂酸雨，正確的名稱應為「酸性沈降」，屬二次污染物。是指硫氧化物、氮氧化物這些物質排放到大氣中後，因為光線、水分、氧氣等因素之影響產生了化學反應，最後產生了硫酸根離子和硝酸根離子。這其中，有些混入雲層形成雨水，就會使雨水呈現酸性。因大自

然中仍有許多致酸物質會使雨水自然酸化，因此，1980年代後，學者已將所謂「酸雨」之定義為雨水之pH值在5.0以下，即確定是受到人為之酸性污染物影響所致。由於形成酸雨的物質會因為氣流等因素飄散到離來源約500至1000公里的地方才隨雨水降下，所以酸雨造成的污染目前已成為跨國性的污染問題。環保署台北酸雨監測站1990-1998年之有效雨水化學分析資料顯示，約90%降水天數的雨水其pH值在5.6以下，酸雨(pH值在5.0以下)之發生機率為75%左右。酸雨會使土壤pH值降低，其使植物受害主因為酸性物質取代土壤中之 $\text{Ca}^{++}$ 、 $\text{Mg}^{++}$ 、 $\text{K}^{+}$ ，使這些養分大量流失；其他毒性強之金屬如鋁、鋅、錳、鉛、鈾等亦可能淋洗出，而對土壤中的微生物產生危害。水中的酸分子造成魚鰓形成黏膜，阻礙了氧氣的吸收。自土壤中淋洗出之 $\text{Al}^{+3}$ 流入河湖時會危害魚類的鰓部，嚴重者死亡。

## (二)常見空氣污染物對植物之影響

### 1. 硫化物

台灣地區硫化物污染為害植物以二氧化硫為主，二氧化硫可經由植物葉表開張之氣孔而進入植物葉部，或由角質層進入葉部，在葉子內部與充滿氧氣之潤濕細胞接觸後，二氧化硫會轉變成亞硫酸根( $\text{SO}_3^-$ )及硫酸根( $\text{SO}_4^-$ )，硫酸根離子之毒性較亞硫酸根離子為低，所以當葉部細胞之亞硫酸根聚集之速率大於轉變成硫酸根則受害較嚴重，當亞硫酸根聚集之速率小於轉變成硫酸根則受害較輕微或無受害徵狀。當植物接觸二氧化硫後，一般常見的病徵是於葉緣及葉脈間變白，漂白部分隨接觸時間而逐漸擴展至葉脈，葉脈部分仍呈綠色，漂白部分會逐漸枯乾，植物葉片會先呈浸水狀，繼而出現漂白病斑，然後葉緣捲曲、枯乾，嚴重者凋萎；禾本科植物受二氧化硫為害之病徵則由葉尖部分產生白化現象，嚴重時則延葉脈間向葉基部擴展，而至整片葉片壞疽、枯死。對二氧化硫急性為害較敏感之植物有苜蓿、大豆、大麥、小麥、黑麥及萵苣等。

### 2. 氮化物

氮氧化物對植物之傷害無典型之病徵，通常可能為葉間黃化，黃化現象成條狀或斑紋狀不一，此黃化現象極難與其他原因所產生之黃化現象區分，唯氮氧化物為害幼葉所造成之黃化現象是可復原的，一旦污染源消失，葉片則可恢

復正常之綠色；但老葉黃化後則無法復原，且葉片會變乾而脫落；部分植物之葉片會呈不同顏色之斑點，如棕色至銹色。對氮化物之急性為害較敏感之植物有番茄、豌豆及萵苣等。

### 3. 氧化物

臭氧及PAN是大氣中之主要光化氧化物；臭氧可由氣孔進入葉部，與細胞接觸後首先破壞其細胞膜而造成細胞死亡，並在葉表面產生徵狀；或傷害葉肉細胞或柵狀組織，或傷害葉綠體而影響植物之光合作用或二氧化碳之同化作用；植物受臭氧為害之病徵最先出現在幼葉尖端，首先呈浸水狀，繼而逐漸變乾而呈小斑點之徵狀，隨葉子之成長而逐漸擴散至整個葉面，同一植株上老葉對臭氧之容忍受性較大，新葉較敏感。但在田間觀察時可能會發現老葉受臭氧之為害反較為嚴重，其可能因為老葉與臭氧接觸了較長的時間為害徵狀，並不一定會影響其生長或產量(除非受害情形是重複連續在發生)，反言之，生長受影響或產量減少時亦可能發生在無受害徵狀之植物上；所以在田間狀況下，臭氧對作物產量之影響常不易預估。據國外文獻指出，美國地區小麥暴露於臭氧下其產量隨臭氧濃度增加而減少，其他作物如大豆、蘿蔔及紫苜蓿等亦可能減產10~40%，此屬慢性為害，影響之關鍵與臭氧濃度及暴露之時刻及時間長短有關；對臭氧敏感之植物有菸草及菠菜等，Bel-W3菸草受臭氧為害會形成特殊之細小漂白斑點，歐美地區多利用菸草作為田間之生物指標以代替儀器監測空氣品質。

PAN對植物之影響與其他空氣污染物不同，據國外報告指出，PAN對植物之傷害須於暴露前、暴露時、暴露後三個時期經照光其受害徵狀方會出現，缺一則不會產生受害徵狀。與臭氧不同，PAN對植物所造成之徵狀多出現於葉片之下表面(亦有例外，如牽牛花白花變異種其葉片會先變白，壞疽徵狀於葉片之上下表面皆會發生。)，PAN會聚集於葉下表面海綿細胞空隙中，但實際之為害機制尚不清楚。由於PAN具爆炸性，因此農作物暴露於PAN下之反應極不易模擬試驗得知，由有限之相關研究報告得知，大氣中PAN之濃度約為臭氧濃度之10~20% (<20ppb)，即會對敏感植物會造成為害，對PAN敏感之植物有大豆、萵苣、牽牛花及番茄等；部份農藝作物或樹木對PAN頗具耐性。

台灣地區有關PAN對植物之為害情形近年來亦常發現，台灣大學孫岩章教授陸續於台北、台中、嘉義及高雄等四大都會區發現PAN之污染為害案例。高

苜及龍葵屬對PAN敏感之植物。

#### 4. 鹵素及鹵化物

有關鹵素及鹵化物對植物之為害以氟化物、氯氣及氯化物為多。

(1) 氟進入葉片內部後會溶於組織液而隨著移動，然後聚集於葉尖或葉緣處，累積至危害臨界濃度時則顯現出典型之受害徵狀，危害臨界濃度之高低因植物種類而異，如唐菖蒲對氟極敏感，當葉片之氟含量達20 ppm時即可造成葉尖端枯萎之受害徵狀，而一些野生植物其葉片氟累積含量達300 ppm時仍無徵狀產生，如鬼針草、野塘蒿，對氟污染極具耐性。氟化物誘發之徵狀如下：(1) 受害部葉綠素消失組織黃化，顏色呈灰黃綠色，但葉片仍生存；(2) 植物受害後組織死亡而造成顏色改變，死亡部位形成紅棕色；(3) 受害葉子變形及變色，葉片外觀產生捲曲、皺縮及崎嶇不平。一般而言，於高濃度時，組織中氟的濃度增加會造成葉脈間組織壞疽，低濃度時則逐漸累於葉尖及葉緣處而出現典型之病徵。在健康及死亡的組織間會有一條明顯之分界線。氟化物對植物之傷害除因氟累積而對細胞產生破壞外，其對生理和生化之影響亦頗大，如：影響糖解酵素之活性而干擾呼吸作用；抑制光合作用之進行；氟污染會干擾氮之代謝(Holopainen, 1991)；氟在組織中能和金屬離子鈣、鎂、銅、鋅、鐵或鋁等結合而引起上述元素缺乏症；氟化氫會影響花粉之發芽及花粉管生長而影響植物之結果及產量(Majnartowicz, 1985)等。

大氣中的氟化物累積於植物體中除導至葉片受害、影響植株之生理作用而使生長受阻、產量減少外，最值得注意的是，累積有氟的農產品若為人畜食用，將會對人畜造成毒害。在歐洲已有報告指出，牛隻長期食用含有低濃度氟之牧草，而引起氟慢性中毒現象，影響鈣之代謝，造成骨質軟化、骨骼生長異常。對氟化物污染敏感之植物有唐菖蒲、落花生、葡萄、玉米及牽牛花等。氟化物對植物之為害除造成典型之徵狀外，氟化物會累積於植體中，植株受害後甚至死亡後皆可自植體中分析出氟之成份，因此利用植體中氟含量可助於鑑定是否為氟化物為害。

(2) 氯化氫在空氣中是以氣體狀態或以鹽酸微粒存在，當其接觸植物時葉面會產生斑點，斑點之顏色因植物種類不同而異，某些狀況下葉緣會變成紅棕色或捲曲，如青江菜。大氣之相對濕度高時會使植物之受害程度更嚴重。

(3) 氯氣是一種黃綠色且有臭氣味之氣體，由於對人畜之毒性極強，在工



業上的操作都極為小心，其所造成之為害多因操作失誤、外洩而致，屬急性傷害；氯氣具強氧化作用，接觸植物葉面後會產生不同顏色之斑點，斑點之顏色有棕色、銹色或白色，視植物種類而異；玉米葉片接觸氯氣後葉緣產生條狀之壞疽，葉脈間有條狀之白色斑紋；嚴重之急性為害時，植物會整株枯死；報告指出，對氯氣敏感之植物有菸草、芥菜、蘿蔔等；芹菜及菊花對氯氣則頗具忍受性。

## 5. 固態污染物

臺灣地區最常發生之固態污染物為害農作物是來自水泥工廠，水泥灰塵對植物之為害多非急性傷害，其對植物之傷害程度與其他化學空氣污染物比較屬較輕微，水泥灰塵可能覆蓋葉表面而影響光合作用，阻塞氣孔，降低蒸散作用和氣體交換速率，若大量沉積於植物體上會抑制植物之生長；覆蓋於生長點上會影響新芽的生長；若落於柱頭上會影響花粉之發芽而減少產量。水泥灰塵所含之鹼性成分沉降於農田，使土壤酸鹼值改變繼而影響植物之生長；若固態污染物含重金屬，長期累積於耕地會造成土壤污染而影響作物之生長、作物品質及食用安全性。固態污染物對農作物品質之影響較為顯著，如花卉、蔬菜上沾染灰塵則品質變差，使其經濟效益大打折扣，尤其是花卉若沾染塵埃則毫無經濟價值可言，發生於萬里鄉之海芋受火力發電廠黑煙污染案例，白色海芋雖無顯著之生長受阻或受害徵狀，但花卉上因沾附黑煙顆粒而完全失去經濟價值，農民損失頗大。

## 6. 有機化合物

有機污染物中之戴奧辛(dioxins)、多氯戴奧辛(polychlorinated dibenzo-p-dioxin, PCDD)、多氯呋喃(polychlorinated dibenzofurans, PCDF)、多環芳香族碳氫化合物(polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)及多氯聯苯(polychlorinated biphenyl, PCBs)等，其對植物生長之直接危害不明顯，但在植體中之累積並經由食物鏈對其他生物成員造成之毒害更是值得注意。

乙烯為植物生長激素之一，大氣中若含過量乙烯會造成葉片黃化或落葉或果實早熟、落果；鳳山分所林正忠主任研究發現，高雄石化工業區附近之番石榴果實受乙烯影響，果實外表產生褐斑且有落果現象。大氣中乙烯濃度在數ppb下，數小時即會使敏感之作物葉部或花部受害，矮牽牛受乙烯污染影響會

造成花芽脫落及花型變小。與臭氧及PAN一樣，乙烯不具累積性但在低劑量下就極具影響力，尤其是在密閉之環境下如溫室。對乙烯敏感之植物有矮牽牛、康乃馨、胡瓜、豌豆、玫瑰及番茄等，國外報告指出，番茄及豌豆是乙烯污染之良好生物指標。

## 7. 酸雨

酸性降水對植物之影響主要指酸雨，酸雨可視為複合污染物，酸雨屬嚴重之環境問題，亦是全球性之公害問題。酸雨可能影響植物，樹葉受損及生長受限，但通常這些反應要在pH值2-3時才會發生，實際降雨很少有達到這種酸度。酸雨對作物之直接危害雖不明顯，但土壤中之金屬元素可能因被酸雨溶解而造成土壤中之礦物質大量流失，造成植物因缺乏某些元素而生育受阻，但亦可能因某些元素的釋出(如鐵)而對植物造成毒害。亦可能影響植物表面之保護結構而使易遭病蟲危害。酸雨會對沼澤、水庫帶來酸化的危機，其結果，輕者可改變水中生物相，重者使沼澤或水庫中之生物死亡，導致生態循環無法進行。在1950年代早期，歐洲已積極研究此現象，因為在瑞士及斯堪地那維亞國家南部均發生了湖泊酸化，森林死亡的現象。王冰潔等(1993)對台灣及離島地區之134個湖泊、湖庫調查發現，受酸雨威脅之湖、庫約佔20%，其中之基隆情人湖、新竹鴛鴦湖、花蓮鯉魚潭及小台東小鬼湖的酸化與酸雨較有相關。酸雨對森林生態及水域生態影響之嚴重已引起大眾重視，酸雨對整個地球生態環境之影響需未雨綢繆，防患於未然。

## 二、水污染對植物之影響

依據水污染防治法第二條第三款，水污染的定義是「指水因物質、生物或能量之介入，而變更品質，致影響其正常用途或為害國民健康及生活環境。」。水污染之發生主要是由於人類的活動，將各種污染物質排入水河川、湖泊、海洋等地面水或地下水中，而使得這些水體或水體底泥發生物理性質（如溫度、顏色及臭味）、化學性質（如油脂、強酸、強鹼及重金屬等）和生物性質（如病原細菌、有害藻類之增加）之變化。

當這些受污染的水體被引用為農業灌溉用水或注入農業用水時，會直接傷害農作物，間接的會污染土壤而對農作物的生長造成不利的影響及危害，但也可能

造成水利設施耗損而增加維護管理費用等。水與土壤污染危害農作物常是一體的兩面。由水污染造成之土壤污染而危害農作物者大致可分為三類：第一類是改變土壤之物理化學性質，破壞農作物生長之土壤環境；第二類是水被含豐富肥力的物質污染，造成水域之優養化，而使水質呈嫌氣狀況，若以此水灌溉農田，會造成土壤養分過盛而使作物生長畸型，或破壞土壤之通氣性而危害農作物之生長；第三類是含毒性物質，毒性物質可能直接對作物產生危害，或雖未對植物產生直接之傷害但會累積於作物中經由食物鏈而對人畜造成傷害，例如重金屬。

工廠排放廢水污染，會造成農地受廢水中重金屬鎘、鋁之污染，以致於廢耕者，如：桃園鄉觀音鄉之高銀化工廠污染面積17公頃，蘆竹鄉基力化工廠污染面積達36公頃，均造成嚴重的土地污染損失。受污染的水體若引用於養殖漁業，可能對養殖漁業造成損害。養殖漁業受水污染造成的損害糾紛每年均有發生，尤其以沿海牡蠣、虱目魚、草蝦等養殖業為主，而其中又以1986年4月間二仁溪河口綠牡蠣事件最具代表性。河川污染造成養殖漁業之損害，主要有急性死亡或漁獲量減少，污染物累積致品質低劣及破壞養殖生態環境等。

水污染在診斷上多可藉由檢驗分析加以判斷，例如：第一類可分析水中之pH值、鈉離子含量及導電度等。第二類可由水域中優養化之程度加以判斷。第三類之毒性物質若是會在作物中累積則可由植體分析來鑑定，例如重金屬；但若為不穩定之有機化合物時，由受害之植株中可能分析不到，此時可由水中或土中分析得到。但在進行檢驗分析前亦應先對可能之污染來源先予以瞭解，以作為分析之依據。

### (一)危害農作物之水污染來源

水污染來源可分天然污染及人為污染。危害農作物之水污染來源主要可分為工業廢水、礦業廢水、都市及家庭廢水、農業廢水等四類。

#### 1. 工業廢水：

台灣地區農作物受到水污染為害的案例大多是工業廢水。來自各類工廠的排放水因產品製程的不同，其排放水的特性也不同，工廠類別主要包括電鍍、紙漿製造、皮革製造、紡織染整、農藥製造、食品、發酵、屠宰業、化工及石化業等；排放水中會導致植物受到為害的主要成分有：強酸、強鹼、重金屬、有機油脂類、無機鹽類、農藥毒物、懸浮固體及高電導度等。工廠

排放水為害農作物之案例有：桃園基力化工廠排放水之鎘污染，除對水稻生長造成不良影響外，其累積於作物上之鎘對人體健康具極大之威脅；彰化台灣色料廠排放水之重金屬污染除對水稻生長造成傷害，其造成之土壤污染問題亦頗為棘手。

## 2. 礦業廢水：

礦場在開礦時的洗礦、篩礦過程需要大量用水，排放水若無適度處理時會攜帶金屬微粒、粘粒、煤屑等懸浮固體而污染水源，這些水進入農田後滲入土層會充塞土壤孔隙，使土壤透水性降低造成排水不良，亦會使土壤透氣性降低，這些都會影響農作物根系之生長。礦山廢水中如今有銅、鋅、砷、鎘、鉻等則會對農作物造成毒害，台灣此類礦場不多。台灣地區之礦場污水主要來自水泥、大理石業或煤礦開採業等，此類污染並不嚴重，較少發生對農作物造成傷害之案例。

## 3. 都市及家庭廢水：

都市及家庭廢水如果無完善之下水道及處理設備，隨意排入溝渠亦會導至灌溉水污染，此類廢水主要含有油垢、清潔劑、懸浮固體及蛋白質、脂肪等有機成份；這些成份易分解發酵而發臭，並易造成水質優養化，這些廢水被引灌時會使農作物過度繁密而易倒伏及受病蟲害感染，對農作物生長造成不良之影響。

## 4. 農業廢水：

包括農田、畜產業及水產養殖業之排放水，臺灣地區農藥及肥料使用情形非常普遍，農藥及肥料施用後經由降雨、灌溉或水的流動而再次污染水源。畜產業之廢水中可能含有大量的動物糞尿、飼料餘物甚至動物屍體等，這些廢水若未經處理即排入河川、灌溉渠中極易造成水質敗壞產生泡沫及惡臭，影響環境品質；台灣地區畜產廢水主要為豬糞尿污染，其對農作物生長之影響可分短期與長期兩方面，短期方面為總含氮量過高導至農作物遭受肥害，長期方面為累積銅、鋅等重金屬於土壤中，亦會使土壤鹽分含量升高、土壤理化性質劣化而為害農作物。水產養殖業若屬鹹水養殖，其排放之廢水中含有高濃度的鹽分，若流入農田則易造成土壤污染，使良田的可溶性鹽含量增高而為害農作物之生長。台灣地區養殖業廢水所造成之污染以養蝦業較常見。

## 5. 其他：

除了上述四種污染源外，垃圾場不當掩埋、露天堆積所滲出的污水亦是造成水污染之來源，由於台灣地區垃圾分類不佳，垃圾污水之成分不明且複雜，垃圾污水之潛在危機已成為各市鎮的棘手問題，2002年嘉義縣溪口鄉垃圾掩埋場周邊之海桐樹死亡，就是因衛生掩埋場滲出水槽之高鹽分廢水所導致。實驗室常排放強酸、強鹼、有毒化學藥品、放射性元素等污染物，醫院使用之化學藥品，病患排泄的廢污有病菌的問題，若無適當的處理亦會污染灌溉水。

### (二)水污染對植物之影響

水污染對農作物的影響可分直接與間接二種，(一)直接與植株接觸造成危害，例如強酸、強鹼及油脂等，強酸強鹼與葉片接觸會破壞表皮細胞，產生脫水狀或壞疽徵狀，與根部接觸會使根系受損，植株缺水而枯萎。油污附著於植物葉片時，會影響呼吸作用或破壞葉片組織及結構，導致脫水。(二)受污染之灌溉水進入土壤再經由植物根部大量吸收，間接影響植物之莖、葉、果實等其他部位。田間受水污染為害之案例多為水稻，(表一)所列為幾種主要水污染因子對水稻所造成之危害徵狀。工廠排放水中影響植物生長之因素很多，且水污染對植物生長之為害常是複合因子所造成，透過土壤因素而影響植物時其原因就更複雜，除非鄰近有可確認的污染源，否則多屬於綜合性之污染。近年來曾經引起大範圍農田受污染的案例有：高雄二仁溪、後勁溪；嘉南三爺宮溪；臺中地區之烏溪、八寶圳及葫蘆墩圳；彰化之地下電鍍工廠等等，其水污染為害都至少包含二個以上的污染因子。

表一、水污染對水稻生長的影響

污 染 物	受 害 徵 狀			
	根 部	莖 部	葉 部	果 實
重金屬	根系生長受阻，根變粗短，易產生畸形根	生長受阻，植株矮小，分蘖減少	葉片黃化或褐化，嚴重者壞疽(似缺鐵)或出現紅紫色條紋(似缺磷)	稔實不良，影響產量
有機物或氮素	根毛減少	稻株易徒長，基部軟弱而易倒伏	葉片呈濃綠色，組織柔軟，易遭病蟲害	分蘖延遲、稔實不良
酸鹼類及鹽類	根部變黑、易腐爛，枯乾而死亡	枯黃、萎凋及枯乾	葉尖易枯乾，嚴重時全葉枯死，只剩黃、白化新葉	開花結實不良，稔實不良，空穀粒嚴重而產量減低
油脂(礦物油、動物油、植物油等)	油脂會阻止土壤氣體之進出而影響根系之生長，嚴重者腐爛	枯黃及枯乾	黏附於作物表面影響呼吸及光合作用，破壞葉片組織及結構，初期呈透明狀，繼而呈脫水狀，嚴重者枯萎	稔實不良，影響產量