

# 空氣中氟化物污染對植物生長之影響及監測

農藥所公害防治系 李貽華、徐慈鴻、蔣慕琰

## 一、前言

隨著工業科技的發達，伴隨而來之空氣污染問題也日益嚴重，本省由於耕地面積有限，農田與工廠毗鄰而居之情形處處可見，因此空氣污染對農業生產環境及植物生長之影響亦漸引起大眾之關切。農作物易受空氣污染危害主要是因它們有龐大的葉面積可與大氣接觸並進行氣體交換，因而使污染氣體直接進入植體中與細胞接觸，對植物生長造成影響。本省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、氯氣等有毒氣體及灰塵、煙煙等固態污染物。在臺灣，空氣中氟化物之污染未列入環保單位之週界空氣品質之監測項目中，而在花壇、鶯歌、竹東等地區空氣中氟化物污染對植物所造成之損害情況較其他空氣污染物嚴重，根據農林廳之空氣污染為害農作物糾紛記錄顯示，氟污染案件居氣態污染之第二位（佔18%），氟污染對植物生長之影響不可不多加注意了解。

## 二、氟化物污染來源

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。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。在歐美地區，植物受氟污染為害之情形普遍發生於製鋁工廠及磷酸工廠周圍，本省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。



氟污染源週邊植物受害情形

## 三、氟化物之吸收、轉移及作用

植物可從空氣、土壤、水中吸收氟，氣態氟化物（如HF或SiF<sub>4</sub>）主要經由氣孔進入植物體。氟化物對植物之為害主要來自空氣污染源，氟進入葉片內部後會溶於組織液而隨著蒸散流移動，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，當環境中氟之濃度為1ppb時，唐菖蒲即會出現葉尖枯萎之受害徵狀，葉片之氟含量約20~30ppm，而一些自生植物其葉片氟累積含量達300ppm時仍無徵狀產生，如鬼針草、野塘蒿等，顯示其

對氟污染極具耐性。常見植物對氟化物之敏感性見表一。通常隨時間增加而污染物累積量也愈多，其為害徵狀也愈為明顯，氟化物誘發之徵狀如下：1. 受害部位葉綠素消失，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立刻壞疽，低濃度時則逐漸累積於葉尖及葉緣處而出現典型之病徵，通常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；氟污染會抑制而干擾氮之代謝；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等。



香蕉葉受氟污染為害之徵狀

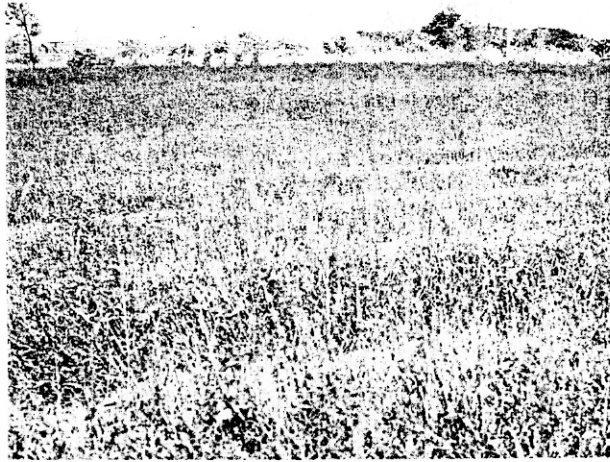
#### 四、氟污染源週界植體中氟化物之累積

對植物而言，氟化物屬於植物毒性強的物质，一旦進入葉片後逐漸破壞細胞組織，導致細胞各種生理代謝功能降低，氟化物累積在葉片，當濃度達臨界濃度時即出現受害

徵狀，氟化物之為害臨界濃度視植物種類而異，如敏感性植物唐菖蒲其葉尖產生枯萎時，其葉片含氟量達20ppm；茶科為耐氟植物，茶樹成葉含氟量常達500~1,000ppm。

本省植物受氟污染情形則多發生在陶瓷、磚窯廠周圍。鶯歌地區有許多磚窯及陶瓷工廠，工廠周圍之水稻秧苗出現葉尖尖枯、黃化之病徵，結果於受害的稻葉、稻穀及稻穗中皆分析到較高之氟累積量。花壇地區亦曾發生氟化物污染為害之案例，水稻葉片之氟含量為70.4~283ppm。本所調查磚窯廠週邊地區自生草本植物植體中之氟含量，發現植體中氟化物之累積以葉部高於莖部，葉部氟累積倍數達莖部之4.0~9.3倍，以昭和草為例，其葉片之含氟量為220ppm（尚無徵狀）時，莖部僅為23.6ppm。調查該地區香蕉及檳榔植株之氟含量分佈情形，發現成熟葉之含氟量較新葉為高，葉部又以葉尖最高；果實氟含量未見增高，與非污染區相近，可見香蕉葉部所累積之氟並不會轉移至香蕉果實而影響食用安全。自生植物葉片中氟含量視植物種類而異，如：野塘蒿其最高氟含量為326ppm，竹仔菜之最高含量為108ppm，這些自生植物其氟含量頗高但並無受氟為害之徵狀出現，可見這些自生植物之忍受性頗高，應可利用作為氟污染之監測指標植物。對桃園地區某陶瓷週邊地區自生草本植物進行氟含量調查，位於工廠南側之鬼針草其葉緣有輕微之緣枯現象氟含量達7,665ppm。工廠南側屬下風處，南側生長之植物其氟含量較週界其他處為高。陶瓷工廠周圍之主要栽培作物為茶葉，茶葉之葉尖枯乾，分析茶葉之綠色部位及枯乾部位氟含量，枯乾部位之氟含量約為綠色部位之2~3倍。上述二個調查區域其空氣品質經環保單位監測雖屬合格，但植物之氟含量普遍偏高，部分植物有氟化物為害之徵狀產生，可知氟化物污染對植物之為害多因長期累積而導致，研訂空氣品質標準時，應將長期氟化物污染下所造成之慢性為害情形列入考慮。空氣中之氟化物不如二氧化硫漂流遠，通常4~5公里範圍為其污染受害區域，但氟化物污染源周

園植物普遍有氟之累積情形，除植物生長直接受影響外，對植物生態乃至整個生態系之影響亦頗大，值得深思。



氟污染源週邊茶園受害情形

## 五、氟污染之生物監測

氟污染對植物之影響除可利用化學分析檢測植物葉片之氟含量而予以鑑定外，亦可利用指標植物之徵狀表現予以監測；指標植物監測空氣品質可分預警及監測兩種，利用敏感植物很快顯現受害徵狀可作為預警之用；具忍受性之植物可利用其反應程度與污染量之相關關係作為監測之用；另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，即可藉由植體分析推估環境中污染物之含量，由植體中之氟含量可推測當地空氣中氟含量是否合格。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，在歐洲許多國家即利用多花黑麥草的氟含量來推估研究空氣中氟化物的含量，植物體內污染物與大氣中相應之污染物含量有很大的相關性，可反映較長時間內大氣中污染物濃度之平均值。省農林廳分別在本省二個縣市之重大工業開發地區設置空氣污染監測站二十四站，由各區改良場協助縣市政府，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，由指標植物葉片所顯現之徵狀來了解空氣中氟之污染情形，以生物監測了解農業生產環境品質之變化情形。

## 常見植物對氟化物污染之相對敏感性

植物種類	敏感性	中度敏感性	耐受性
作物			
玉米	+		
甘藷	+		
番茄		+	
豌豆		+	
菠菜		+	
蘿蔔			+
茶樹			+
觀賞花卉			
唐菖蒲	+		
山茶			+
果樹			
香蕉	+		
草莓		+	
柑橘			+
雜草(自生植物)			
鬼針草			+
野塘蒿			+
牛筋草			+

## 六、結語

氟化物污染對植物之為害多因長期累積而導致，環保單位在研訂空氣品質標準時，應將長期氟化物污染下所造成之慢性為害情形列入考慮，以維護農業生產環境品質。自生植物對環境適應力強，若能就地取材利用自生植物作為監測材料，則不失為一方便、有利且直接之方法。這些自生植物因對環境適應力強也最能表現當地植物的生長環境品質，本所嘗試探討利用本土田間常見之自生植物作為監測植物的可行性，以建立利用本土性自生植物監測空氣品質的系統。

大氣中的氟化物累積於植物體中除會導致葉片受害、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（世界衛生組織，WHO）。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，嚴重者導致跛腿或死亡。本省磚窯廠或陶瓷廠附近之農作物雖無氟之為害徵狀產生，但氟之累積情形是否會對人畜造成毒害，尤其是葉部可食用之植物，如茶葉或葉菜類等，值得進一步探討，環保單位在研訂空氣品質標準亦應將氟在植體中之累積性列為考慮，以保障農作物之品質及人畜之食用安全。