

農作篇（三）植物保護章

四、公害

(一)空氣污染對植物之影響

2. 粒狀污染物

行政院農委會農業藥物毒物試驗所 徐慈鴻

粒狀污染物之主要來源

空氣中之固態微粒來源可分為自然產生與人為產生兩大類，自然產生者包括：火山爆發噴出的火山灰、森林大火產生的煙霧、鹽沫、土壤顆粒以及生物性微粒，如：細菌、花粉、孢子、昆蟲等。人為產生者則以工業製造過程、燃料燃燒及交通排放為主要來源，如煙囪、煙道的飛灰、金屬冶煉之煙煙及交通工具排放之黑煙等。粒狀污染物經排放後，會因粒徑大小與重量而飛散至不同距離，當粒狀物飄浮於大氣層期間，其物理及化學特性，也可能會受環境影響而改變。

土塵、孢子等屬自然生成的微粒，經常性的存於大氣中，濃度隨地區與季節而變動，北半球大氣中每年約有 1 億 5 千萬噸的土塵由地表揚起，若加上沙漠地區則增為兩倍；生物性的顆粒，如花粉，則在春季大量出現；但在人口聚集的地區，如工業區、都會區甚至鄉村地區，由於人類大量的工商業活動，因此這些地區大氣中，自然生成的微粒所佔的比例則較低。報告指出，都會區粒狀污染物的來源，以交通運輸所佔比例最大(約 25%)。其次為土木工程造成的污染，包括水泥、砂石等(佔 24%)，再次者為工業污染源，如：工廠使用燃料產生的煙灰及生產過程所形成的粉塵，約佔 17%，特別是火力發電廠、鋼鐵廠等；近年來當中國大陸發生沙塵暴時，台灣地區大氣中之粒狀物含量亦明顯增高。

粒狀污染物之特性與觀察

粒狀物的來源廣泛，粒徑大小可由 0.1 微米到數百微米，其性狀

觀察除肉眼外，尚可藉由儀器輔助觀察，光學顯微鏡可看到 1 至 2 微米以上的顆粒，當顆粒更小時，無法於光學顯微鏡下清楚辨識，則需藉由電子顯微鏡觀察。粒狀物依顆粒大小可分為三個範圍：(1) 細微粒(fine particle)，粒徑範圍小於 2.5 微米，如：黏土、細菌、煙煙(fume)等。(2)粗微粒(coarse particle)，顆粒大小介於 2.5 到 10 微米之間，如泥土。(3)顆粒大於 10 微米，如花粉、砂粒及水泥灰等。

除利用形態性狀觀察推測粒狀污染物來源外，藉由化學成分分析，可進一步了解粒狀污染物的組成，作為判斷其來源的依據；如交通工具所產生的顆粒可測出鉛元素；燃油之火力發電廠所排放的黑煙中，被發現主要含矽及鋁兩種元素；而生物性微粒如花粉及孢子，鉀含量甚高。鋼鐵工廠排放之粒狀物呈礫塊狀，可測得豐富之鐵元素(圖一)。

近年來，經常接獲民眾反應在作物、車身或建築物表面發現許多黃褐色斑塊，大小約 0.3~0.6 公分(圖二)，呈圓點狀或長條狀，顏色由黃色、褐色至咖啡色，分布密度之高低受風向影響具有方向性；以顯微鏡觀察斑點發現內含數量甚多的花粉顆粒，經比對確認為蜜蜂之排泄物。二期稻作收割後，農民種植油菜作為綠肥，當油菜花盛開時，即成為重要蜜源植物，當蜜蜂採集花蜜後，於返回蜂巢途中會進行排便，因此在蜂群飛行路徑所涵蓋的環境皆會被蜜蜂排泄物污染，汽車、衣物、建築物等皆會佈滿黃褐色的斑塊或條狀物，造成所謂「下黃雨」的現象。蜜蜂排泄物屬於生物性粒狀污染物，雖不會造成毒害，但經常造成民眾之困擾及不愉快。以往蜜蜂排泄物事件大多發生於冬末初春，但近來事件發生的頻度有增加的情形，而發生的季節也不限於固定的時令。

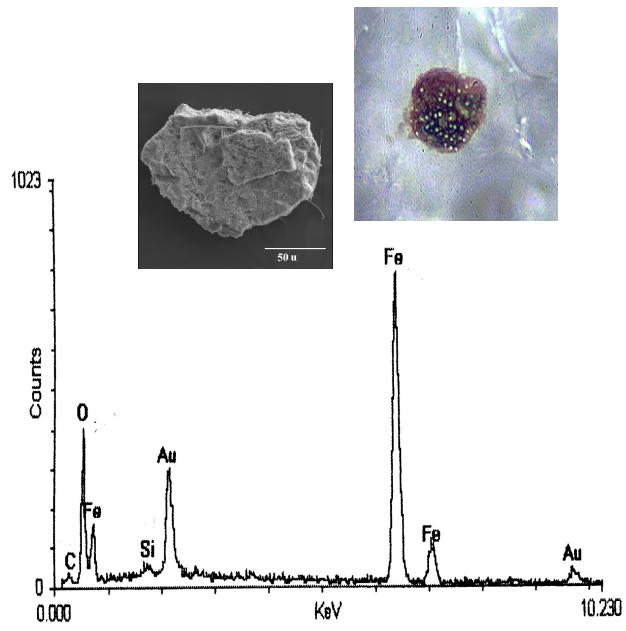
粒狀污染物對農作物之影響

塵土、黑煙及水泥灰為台灣地區最常見的的粒狀物。不同來源及性質之粒狀物，對植物造成不同的影響。研究報告指出，水泥灰覆蓋於葉面時，會遮閉光線干擾光合作用及影響澱粉的合成，甚至因磨擦葉面而破壞上層表皮結構，使葉面出現褐斑甚至壞疽。粒徑小之粉塵會引起脫水、氣孔關閉及二氧化碳交換速率下降等現象。

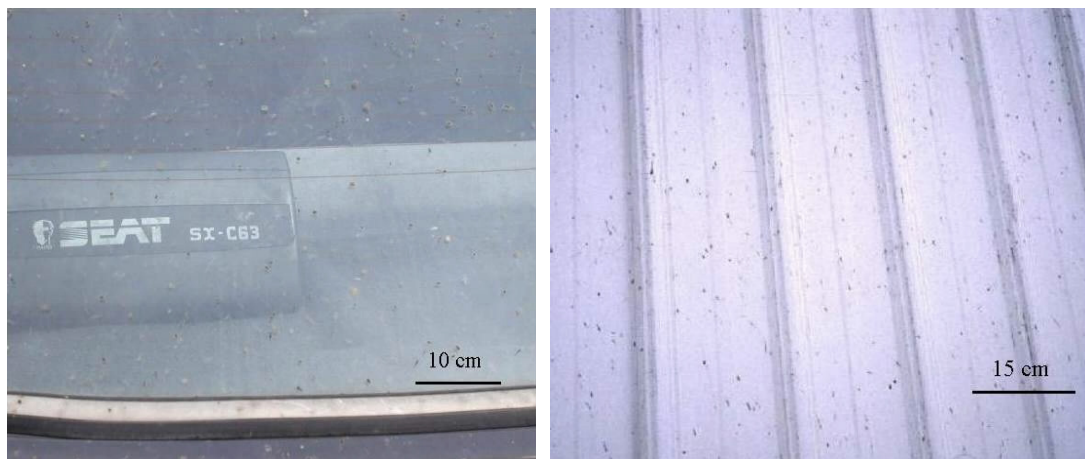
有時粒狀物沉降於葉面，對植物葉片並未造成明顯的傷害徵狀，但作物生長明顯受阻，如油菜長期以水泥灰噴灑並不會對葉面造成傷害，但植株平均高度減低、葉面積減少，產量也明顯降低。粒狀物除附著於葉面外，也可能進入葉片內，一般禾本科作物的氣孔直徑約 8-12 微米，因此顆粒小於 10 微米的粒狀物容易進入氣孔內，阻塞氣孔而影響氣體交換。都市與城鎮地區，交通運輸所產生的顆粒大小約在 1-10 微米左右，因此路邊行道樹也常受粒狀污染物影響，當葉面上含 10 克/平方公尺的落塵時，光合作用降低 17%，葉片氣孔擴散能力也降低 42%。此外，在美國也曾發生落塵阻塞櫻桃雌蕊柱頭而無法受粉，影響果實發育，造成產量損失。粒狀污染物除干擾作物生長，亦影響作物的品質，如發生於台北縣萬里鄉的海芋污染案，雖然海芋之生長並未因粒狀物沈降而受阻，但海芋的白色花瓣上附著黑色斑點，品質大受影響而降低其商品價值。

粒狀污染物長期沉降於土壤表面，可能改變土壤性質而影響植物生長，如火力發電廠附近農地土壤中硫酸根、銨及鈣離子濃度較對照區高，而硝酸根、鈉與氯離子濃度相對較低，可能影響植物對養分之吸收與利用。水泥灰含大量氧化鈣，沉降於土壤後會導致土壤逐漸鹼化，進而影響植物根部對離子的吸收，嗜酸性的植物如杜鵑，在水泥工廠附近即有生長不良的現象發生。惟粒狀物並非全然有害，報告指出，將燃煤之火力發電廠所採得的飛灰，以適當比例混入土壤中栽培番茄，可提高番茄的產值，因此認為煤灰具有促進作物生長的潛力。

由於資源大量開發、工礦業發展迅速以及都市化等因素，致大氣中的污染物大量增加累積，破壞自然環境並造成經濟損失，然而固態污染物對人體健康及農作物的影響屬於慢性傷害，往往較容易被忽視，但在長期污染下，除引發人類呼吸道疾病外，作物產量下降、品質劣化等問題亦逐漸凸顯，因此對於粒狀污染物長期慢性的潛在影響需要注意。



圖一、鋼鐵工廠排放之粒狀物呈礫塊狀，可測得豐富之鐵元素



圖二、污染案例周邊汽車表面(左)及建築物浪板(右)佈滿黃褐色斑塊