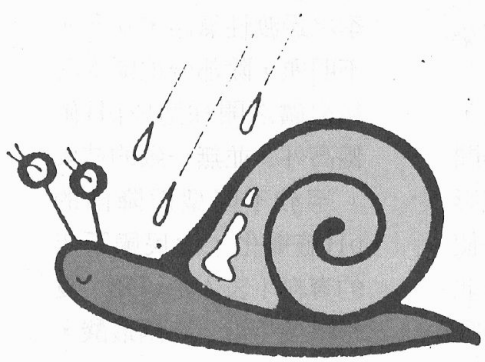
酸雨

◉農試所農工系
姚銘輝　漆匡時　蔡金川　梁連勝

酸雨問題由來已久，自從1872年英國科學家R. A.Smith正式使用〝酸雨〞一詞後，各國研究人員對於雨水酸化的現象，從其形成的機制到影響範圍，都付與相當的關心及研究，力求了解問題，進而解決問題。

臺灣在酸雨的研究方面，環保署委託臺大環境工程研究所進行全省性雨水酸度調查，從七十九年四月到八十三年十一月止連續三年半監測結果，顯示臺北地區89.4%的降水（每小時）屬酸雨最爲嚴重。另外，本省硫酸沉降量每公頃超過五十公斤爲美國全國平均值的二至三倍，中壢的沉降量更是美國最嚴重地區的六倍，由上述數據可知本省酸雨的嚴重性。



酸雨之定義：雨、雪、霧及其他降水型式絕不同於純水（pH＝7.0），因空氣中CO_2會與水作用，而形成pH 5.6的弱酸，其反應式如下述：

雲粒子和大氣接觸，二氧化碳即產生解離。

$$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3 \quad (1)$$
$$H_2CO_3 \rightarrow HCO_3^- + H^+ \quad (2)$$
$$HCO_3^- \rightarrow CO_3^- + H^+ \quad (3)$$

除二氧化碳影響外，降雨的pH值受自然界很多因素影響，例如：灰塵可使雨水變鹼，沼澤及火山所產生的氣體卻使雨水變酸，因此未受污染的降水平均pH值可因地理環境及季節變化而不同，因此亦有人認爲以5.0作爲酸雨之臨界值較爲可靠。

酸雨之來源：酸雨形成原因爲一般工廠燃燒重油所排放出二氧化硫（SO_2），及汽機車排放之氮氧化物（NO_x）於大氣中，經化學反應過程形成硫酸鹽粒子及硝酸鹽粒子，再由乾沉降或濕沈降過程降至地面，因此酸雨的生成及其強度與空氣中SO_2及NO_x污染程度有密切關係，然而雨水化學成份除了受到酸性物質之影響外，同時受到鹼性中和物質（例如：灰塵及鹽沫）的影響，或氣象傳遞影響，所以空氣污染未必直

表1.全省各酸雨監測站年平均值（1990－1993年）

監測站	臺北	龜山	中壢	小港	墾丁	太麻里	羅東	臺中港	嘉義	澎湖
1990年	4.369	4.135	4.350	4.423	5.196	4.718	---	---	---	---
1991年	4.164	4.321	4.258	4.568	5.131	4.591	4.577	4.466	5.274	5.882
1992年	4.068	4.333	4.423	4.243	5.484	4.916	4.650	4.501	5.025	5.542
1993年	4.212	4.443	4.331	4.429	5.497	5.089	4.635	4.437	5.016	5.316

（資料來源：行政院環保署）

接反應於當地酸雨的形成，這也是酸雨形成及地理分佈變異之複雜所在。雖然其他化學物質如NH_4^+、Na^+、Mg^{2+}、K^+、Ca^{2+}離子濃度亦能影響雨水pH值，但仍以硫氧化物及氮氧化物爲產生酸雨之最主要原因。

臺灣酸雨情形：本省有關酸雨的調查是由1975年開始，但由於取樣及樣品檢驗的程序未統一，造成各定點之間的資料無法相互比較，遲至1989年行政院環保署才著手歸劃酸雨測候站，由1990年4月起已陸續在全省建立10個測站，並確立統一的取樣和分析方法。就所有收集之雨水樣品，依不同年度繪製pH值濃度表（表1.）。1990至1993年四年間都會區如：臺北、中壢、臺中港及小港（高雄市郊）pH值有逐年下降的趨勢，其中尤其以大臺北地區最爲嚴重，其次是高雄小港，由於這兩地工商業發達交通頻繁污染源較多，可能是雨水酸化的主要原因。另雨水pH值之空間分佈，深受季節及地區特性的影響，就地區特性而言，臺灣地區雨水pH值，西部較東部低，北部較南部低，南部嘉義、墾丁及離島澎湖受酸雨污染較少，即酸鹼值較高。

若就不同季節而言，由於臺灣地區在冬季期間，受大陸性冷高壓迴流影響，大多吹東北季風，使得pH值等濃度線在東北—西南方向上有拉長現象，顯示污染物之傳送受風向影響，其中尤其以東北部及北部最爲明顯。春季期間，風向由東北逐漸轉向西北，所以pH值在西北—東南方向上變化較明顯，但因風速較東北季風爲低，對內陸的影響較不顯著。夏季期間，臺灣地區受南中國海暖、濕氣團之影響，吹西南季風（並受海洋性低氣壓風暴之吹襲），在西部及西南地區，pH值等濃度總在西南—東北方向上有拉長之現象。秋季期間，爲夏冬兩季之過渡性氣候，風向並不明顯，除部分地區受石灰岩礦之開採造成pH值偏高外，並無一致的結果。至於不同型態降雨的pH值變化，由民國75年的資料（表2.）可知，夏季午後（雷）陣雨最酸，梅雨次之，最不酸爲冬季鋒面雨。

表2.不同降雨型態之pH值變化

降雨型態	午後陣雨	颱風雨	春季雨	梅　雨	秋季雨	冬季雨
75年	4.07	4.32	4.27	4.14	4.81	5.31

酸雨對農作物之影響：由一些試驗結果指出pH3.2的雨水將減少豆科植物根部的共生菌。由於共生菌可以將空氣中的氮轉變爲蛋白質，減少了共生菌則連帶使得豆類的收成減少。pH2.5則傷害葡萄葉片，使果粒變小，糖份也明顯降低。酸雨可融解樹葉表面的臘質，使得葉片內營養物流失，同時傷害生長點，改變呼吸速率和光合作用等。而葉片失去臘質的保護，易受到細菌和霉菌的感染。

酸性水也使得土壤所吸附的礦物元素流失，同時使不易移動的有害金屬溶於水中。一方面阻礙微生物生長，使得土壤中有機質不再分解無法提供新的養份。另一方面使這些金屬流入河川、湖泊、地下水，甚至於自來水中，由於植物比較容易吸收重金屬，所以水生食用植物或酸水灌溉的作物中，也因此含有較多的有害金屬。

其他影響：酸雨對人體最直接的影響，會使髮質變差，影響其組成結構。頭髮是由角質蛋白組成，外圍有油脂保護，酸雨易使脂質溶解及蛋白質凝結，所以淋雨將使髮質變粗糙，失去光澤及彈性，造成頭髮的龜裂及脫落。另乾燥的硫化物顆粒，吸進肺部就很難排出，若遇水變酸得更容易導致支氣管炎，妨礙肺部機能，甚至於可能致癌，臺灣的肺癌成長率很高，部份原因即是受硫化物的影響。酸雨或者是乾燥的空氣懸浮顆粒不但對人體有害，且對人類建造的事物也會有許多不利影響，銅或鉛的水管可能溶於水而毒害飲用者，汽車容易生鏽，美國巴爾鐵摩藝術館的青銅因受到腐蝕，開始剝落，許多博物館也被迫把原先在戶外展示的雕像移到室內。

結論及解決對策：由各酸雨監測站的資料可知，國內大氣中SO_2及NO_x的背景濃度甚高，主要是工廠（含火力電廠）所使用燃料含硫量甚高（2.0%），且未使用排煙脫硫設備，加上機動車輛的擁有量及流動量直線上升，到處塞車的結果，使廢氣排放益形嚴重，再加上本省特殊氣候型態，如降雨豐沛及高溫、多濕之氣象環境及島國特性，酸雨的發生是可預期的。酸雨具毀滅性（災害一旦出現，難以防法）、循環性（海陸空大循環）、長期性（災害不會立現）及廣域性等特性，所以有關單位應速對酸雨形成機制、輸送過程及對農漁業、森林、土壤、湖泊水域、建築物等自然資源及生態環境之影響進行全方位的普查，俾能制訂完善酸雨防制策略。