

桃園人的噩夢 —— 酸雨

國中組地球科學科第二名

桃園縣立文昌國民中學

作者：蔡玉霜、劉羿君、楊嘉慶、楊忠澄

指導教師：呂靜葉、陳錦鴻

一、研究動機

小丸子：「小玉，你爸爸的頭會不會禿禿的、沒有毛呢？」

小玉：「會啊，我一直覺得好奇怪，但是我不敢問我爸爸。」

花輪：「嗨，Baby！，你們在說禿頭啊？」

小丸子：「對啊，花輪同學，你知道為什麼會禿頭嗎？」

花輪：「當然了，女士們，因為我家僕人的頭也是禿的，那是酸雨造成的結果啊！」

小丸子：「酸雨？我好像有聽說過耶！」

花輪：「說來話長，我看我們來做一些實驗看看，說不定能得到一些意外的收穫。」

小丸子：「哇！好棒喔！就讓我們來揭開酸雨的神秘面紗吧！」

二、研究目的

- (一) 利用中央大學及環保局合作研究之台灣全省檢測資料，了解全省酸雨的分佈情形及桃園地區酸雨的嚴重性，並試著探討酸雨與季節之關連性。
- (二) 設計一些實驗探討酸雨對水域生態、植物、建材、人類健康、生活用品的影響。
- (三) 探討對酸雨的侵害該如何防範，及補救之道。

三、研究器材及設備

pH儀、500ml燒杯、蒸餾水、硫酸、硝酸、滴管、大型塑膠淺盆、泉水(pH=6.9)、水芙蓉、大小一致的水桶(直徑50cm、高30cm)、石灰岩、花崗岩、大理石、蛇紋岩、輝長石、玄武岩、木紋石、玉、銅片、天秤、盛有土的石竹、盛有土的大花盆、黃金葛、頭髮(20cm長)、250ml燒杯、彈簧秤、指甲、250ml燒杯、美工刀、彈簧秤、鐵釘、汽車蠟、表玻璃。

四、實驗步驟

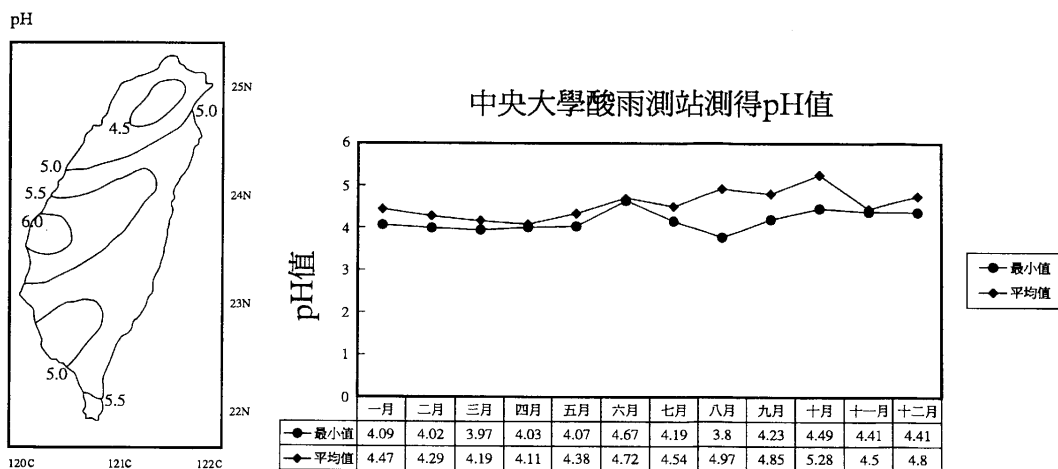
依實驗性質將步驟分為八個項目，分列如下：

- (一) 模擬雨水的製作：我們採用硫酸和硝酸依體積5:1的比例滴入蒸餾水中，配置成pH值分別為3.0、3.5、4.0、4.5、5.0的模擬酸雨。另外取泉水數罐，測其pH值約為6.9，視為自然雨水。
- (二) 水芙蓉實驗：水芙蓉分為六組，每組20棵放入不同濃度的模擬雨水中，觀察各組之生長情形。
- (三) 建材實驗：把建材分別浸泡在模擬雨水中，觀察其變化，並以450克之鐵球分別於不同高度自由落下，測試其抗力程度。
- (四) 石竹實驗：將石竹定時澆100cc的模擬雨水，觀察其生長情形。
- (五) 黃金葛實驗：將黃金葛植入土中，定時澆100cc的模擬雨水，觀察其生長情形。
- (六) 毛髮實驗：將毛髮浸泡於模擬雨水，48小時後取出，測量其抗力大小。
- (七) 指甲實驗：將指甲分別放入不同的模擬雨水中浸泡，一日後取出測試其抗力程度。
- (八) 汽車蠟實驗：取鐵釘塗蠟及不塗蠟，分別滴入不同的模擬雨水，每小時觀察其鏽蝕情形並做記錄。

五、研究結果與討論

(一) 分析桃園地區雨水pH值

1. 根據下面左圖台灣地區之年平均pH值分布(林與陳, 1997年)顯示, 台灣北部地區之年平均pH值均小於5.0, 尤其是台北、桃園地區更低至4.5, 降



水酸化情形非常嚴重。

2.我們取自82年10月13日至85年11月18日止、位於中央大學大氣物理研究所頂樓之酸雨測站（中壢站）所測得之雨水pH值做分析，結果如上頁右圖，顯示桃園地區空氣污染情形相當嚴重，解決酸雨問題已到了刻不容緩的地步。

（二）水芙蓉

1.結果顯示泡過pH值為3.0及3.5之水芙蓉，即使在改善生長環境後，依然無法恢復生長，顯示受嚴重酸雨污染過之水芙蓉其生命力已遭破壞，無法復原，而其他組別之水芙蓉則能繼續成長，唯生長情形仍有些許差異。

2.長期浸泡在不同模擬雨水中之生長情形：

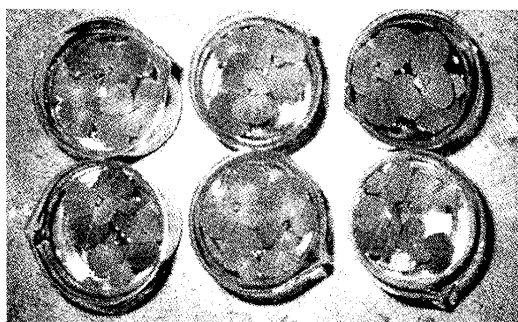
組別	雨水種類	一日後生長情形	七日後生長情形	模擬雨水濃度變化
1	泉水	生長情形良好，葉片呈鮮綠色，根鬚長且根末呈深褐色。	生長情形良好，葉片呈鮮綠色，根鬚長且根末呈深褐色。	維持不變，pH值在6.9左右。
2	pH=5.0	葉片呈綠色，依然長出嫩葉，無明顯侵害現象。	葉片仍呈綠色，但嫩葉有萎縮的現象，根末呈深褐色。	pH值從5.0轉變為6.9。
3	pH=4.5	葉片呈綠色，無明顯生長及侵害現象。	葉片尾端呈黃色，少部份平躺於水面上，根末呈深褐色。	pH值從4.5轉變為6.9。
4	pH=4.0	葉片呈綠色，但葉片有明顯平躺於水面之現象。	葉片尾端呈黃色，多平躺於水面上，根末呈淡褐色。	pH值從4.0轉變為6.8。
5	pH=3.5	葉片末端呈黃色，且葉片平躺於水面，底部的根有稍微浮起的現象。	少部份之葉片已完全呈黃色，葉片平躺於水面上，根呈淡褐色且浮起。	pH值維持3.5。
6	pH=3.0	葉片末端呈黃色，且葉片平躺於水面，底部的根浮起且變細白。	根部浮起呈白色，部份葉片轉白且脫離莖部。	pH值在2.9左右。

3.在一天後之觀察中，我們意外發現除了pH值為3.0及3.5兩組濃度幾乎維持不變之外，其餘均產生變化，經pH儀測試後，大都顯示為6.9左右，為確定不是實驗操作誤差所引起，因此再重做一組測試，經過一天後發現結果依然相同；我們仍不敢大意，因此再做一次，一天後還是出現相同結果，至此我們幾乎已經可以肯定：水芙蓉有幫助受污染過之水產生自清能力。而在地球科學上冊第八章中亦曾提及河川具有某種程度的自清能力，相信與水中生物的存在有關，值得以後再繼續深入研究了解。

位置示意圖：

泉 水	pH=5.0	pH=4.5
pH=4.0	pH=3.5	pH=3.0

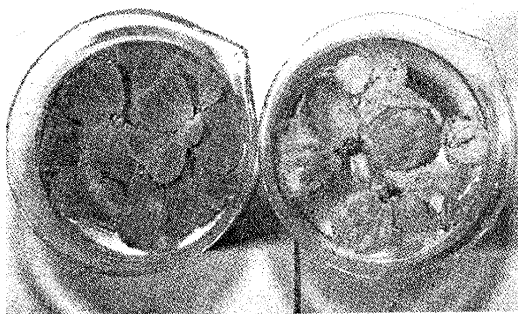
實驗前：



實驗後：（七日後）



4.泉水與pH=3.0組對照，圖中左燒杯均為泉水組：



（三）建材

1.建材於浸泡模擬雨水7日後之色澤變化：

pH值 建材	pH值						備註
	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	泉水	
石灰岩	○	△	△	×	×	×	3.0由白色變為略帶黃色
木紋石	○	△	△	△	△	×	3.0亮面消失
大理石	○	△	△	×	×	×	3.0白色變黃色且亮面消失
蛇紋岩	○	○	×	×	×	×	3.0、3.5由表面光滑轉變成粗糙
玉	○	△	△	×	×	×	3.0自綠色變成淡黃色
花崗石	×	×	×	×	×	×	觀察期間無明顯變化
輝長石	×	×	×	×	×	×	觀察期間無明顯變化
玄武岩	×	×	×	×	×	×	觀察期間無明顯變化
銅片	○	○	○	△	△	×	

註：○表光澤明顯變暗，△表光澤變暗，×表色澤無明顯變化。

2. 建材做抗力實驗之結果：

建 材 種 類	鐵 球 落 下 距 離	模擬雨水種類					
		3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	泉水
石灰岩	15cm	邊緣破碎	些微破碎	無變化	無變化	無變化	無變化
木紋石	15cm	裂成兩半	少許碎片	表面有凹洞	無變化	無變化	無變化
大理石	15cm	裂成兩半	裂成兩半	裂成兩半	無變化	無變化	無變化
蛇紋岩	100cm	無變化	無變化	無變化	無變化	無變化	無變化
玉	55cm	明顯破裂	明顯破裂	明顯破裂	明顯破裂	無變化	無變化
花崗岩	15cm	裂成兩半	破裂未分開	無變化	無變化	無變化	無變化
輝長石	55cm	四分五裂	四分五裂	破裂	裂成兩半	裂成兩半	無變化
玄武岩	8cm	破裂	破裂	無變化	無變化	無變化	無變化

3. 酸雨對不同建材的影響程度各有不同，其中以對石灰岩、大理岩及金屬建材的影響最大，尤其在色澤及耐力上，均明顯有受酸雨侵蝕而變差。

(四) 土壤及植物

1. 石竹在澆水第三天後才逐漸有成長差異性：



雨水種類	第三天	第四天	第五天
泉水	正常生長	正常生長	正常生長
5.0	正常生長	部份花瓣捲曲	部份花瓣捲曲
4.5	正常生長	部份花瓣捲曲	部份花瓣捲曲
4.0	正常生長	部份花瓣捲曲	部份花瓣捲曲
3.5	正常生長	葉子有掉落現象	葉子下垂，且有花枯萎
3.0	葉子有掉落現象	葉子掉落更嚴重	葉子下垂，且有花枯萎

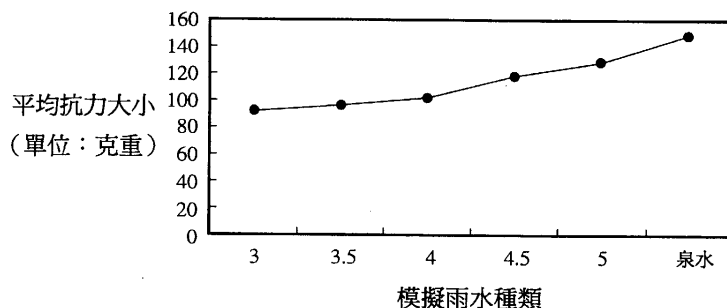
2.經過多天的觀察，由石材和黃金葛的實驗結果得知，酸雨透過土壤由植物吸收後，造成傷害是較慢的，但過度酸化的雨水仍對植物造成不可挽回的傷害。

(五) 人體健康

1.毛髮於浸泡模擬雨水中2日後，做抗力實驗之結果如下表：

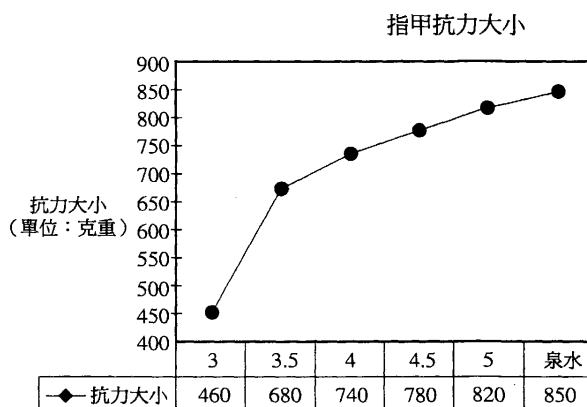
	第一次	第二次	平均值
泉水	146.3	147.0	146.65
5.0	126.9	127.4	127.15
4.5	117.2	116.7	116.95
4.0	100.9	101.3	101.10
3.5	96.1	95.8	95.95
3.0	92.2	91.9	92.05

頭髮受力情形



2.由上表得知，酸雨對毛髮的影響很大，我們從它的韌性（即所能承受的拉力）可以很明顯的比較出來，在pH值愈低的模擬酸雨中，毛髮的韌性最差，而在泉水中的毛髮韌性最佳。在本實驗中泉水組比pH=3.0組的毛髮多承受了將近55克重的力量，足以證明酸雨對人體毛髮傷害性之大，吾人應盡量避免「雨中漫步，故做瀟灑」才是，否則社會上又將多出許多禿頭的人！

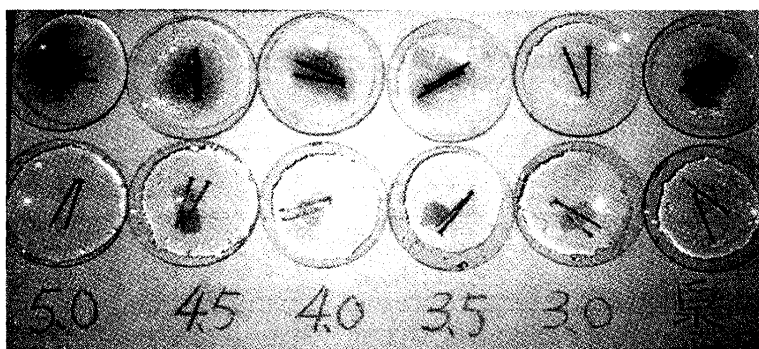
3.利用槓桿原理做指甲的抗力實驗，得到結果如下：



4.指甲浸泡過模擬酸雨後明顯變軟，且厚度變薄，色澤上變為透明，在做抗力實驗時，pH=3.0組的指甲非常容易切斷，不若泉水組的指甲依然堅硬。

(六) 生活用品 (汽車蠟)

1.觀察鐵釘表面生鏽狀況：(上排未塗蠟，下排塗蠟)



2.表面上沒有上蠟的釘子，酸雨不僅會使其表面生鏽，而且在pH=3.0及3.5中的釘子會發生化學反應，使其表面產生青綠色物質，經理化老師解答後得知，其產物學名為「硫酸亞鐵」，化學式為 FeSO_4 。若表面上了一層蠟後，在短時間(24~48小時)內並無明顯生鏽。由此得知，汽車蠟具保護作

用。但是，過了48小時後再觀察一次，發現無上蠟的釘子表面100%生鏽且周圍也有大量的鏽，而上了蠟的釘子，除了泉水和pH=5.0的沒有生鏽以外，其餘均有些許生鏽，但均未超過50%。所以，長期在酸雨的侵蝕下，會使鐵釘生鏽更快，即使有蠟的保護作用，依然無法逃過生鏽的命運。

六、結論

- (一) 由學者對酸雨的研究發現，在台灣地區，發生酸雨的總日數中，有一半是發生於東北季風盛行與鋒面系統過境之天氣形態，而局部型降水之酸雨發生頻率則不超過30%。
- (二) 根據中央大學大氣物理所觀測結果，顯示龜山與中壢的雨水pH值均偏低，龜山站高達85%場為酸雨，顯示桃園地區空氣污染情形相當嚴重；這其中應與當地工業形態相關，資料顯示桃園地區雨水中酸性污染物由當地排放之貢獻量至少在50%以上，如何控制當地污染源排放，應為防治酸雨重要措施之一。
- (三) 酸雨對水域生態最直接的影響為造成水體之pH值降低；在我們的實驗中，意外發現植物有幫助污水的「自清能力」，但如果水源被過分污染時，植物同樣會遭到死亡的結局。科學家曾指出，當酸雨濃度達4.2時，會使原存在於土壤、岩石中的鋁化合物產生反應而溶解，流入河川或湖泊，妨礙魚腮的功能，影響氧及鹽分的供應，使得魚類大量死亡。湖泊酸化後，可能使生態系改變，甚至湖中生物死亡，生態機能因而無法進行，最後變成死湖。
- (四) 酸雨對不同建材的影響程度各有不同，其中以對石灰岩、大理岩及金屬建材的影響最大，尤其在色澤及耐力上，均明顯有受酸雨侵蝕而變差；台灣地區建築物突出部份的鐵窗易於產生鏽蝕現象，除了因為氣候潮溼，主要的癥結還是因為受到酸性雨水的傷害所致。
- (五) 酸雨對人類之危害，除了直接造成落髮及皮膚的傷害外，最重要的危害是使水生植物及引水灌溉的農作物，累積有毒金屬，將會經過食物鏈進入人體，影響人類的健康。
- (六) 台灣地區汽車表面都易於產生鏽蝕現象，除了因為氣候潮溼，主要的癥結還是因為受到酸性雨水的傷害所致。長期在酸雨的侵蝕下，會使鐵釘生鏽更快，即使有蠟的保護作用，依然無法逃過生鏽的命運。
- (七) 政府為減輕酸雨對環境的危害，應加強取締大量排放廢氣的工廠和汽車，要求加裝防制污染的設備（如汽車加裝觸媒轉化器，使用無鉛汽油），也希

望民眾配合，養成節約能源的習慣，因能源係由燃燒石油或煤轉換而來，多搭乘大眾運輸工具及節約用電，便可減少空氣污染，更可減少酸雨的產生。

七、參考資料

- (一) 國立編譯館主編「地球科學」上冊第八章。
- (二) 林能暉及陳景森(1997)，「酸沈降之源與受體關係之研究：氣流軌跡分析及降水系統影響」，行政院環境保護署。
- (三) 林能暉及陳景森(1996)，「酸沈降之源與受體關係之研究：氣流軌跡分析及降水系統影響」，行政院環境保護署。
- (四) 張木彬、林能暉、郭運昌及彭啟明(1997)，「桃園縣酸雨分布及強度研究——雨水化學特性與硫酸鹽長程輸送貢獻推估」，桃園縣環保局期中報告。
- (五) 鄭福田：(1995)，「空氣污染物跨區域、跨國輸送與酸雨形成關係之研究」，環保署期末報告。
- (六) 行政院環保署(1997)，「酸雨對環境及人體健康影響之研究整合計畫——子計畫六、八、九」。
- (七) 大地雜誌第25期。
- (八) 透過網路獲得行政院環保署及環境保護網站所提供之酸雨相關資料。

八、誌謝

感謝國立中央大學大氣物理系所林能暉教授實驗室所提供之資源及協助，特別感謝該實驗室成員彭啟明先生、林美蓉小組鼎力相助，讓我們的研究更臻完善。

校長、呂主任對本次研究的支持、林主任以及沈主任在研究期間多次給予的指導、協助及鼓勵、侯桃元老師的熱心指導、導師黃瑞美對實驗過程的支持、設備組艾淑美小姐提供實驗器材，在此一併致謝。

評語

1. 作者利用模擬的酸雨，來討論它對運材，植物及人體等的影響，並利用台灣各地的觀測資料分析台灣地區酸雨的分布。
2. 分析頗為詳盡，且具有實用的價值，是一件很適合國中生程度的研究作用。
3. 成果報告精美且完整，是一件很好的作品。