

酸雨

國中組地球科學科第一名

台北縣立中山國民中學

作者：藍孝晉、呂亞馨、胡雅雯

指導教師：簡寶貴

一、研究動機

電視、報紙及各種傳播媒體上，經常可見有關酸雨的報導，有時是國外消息，有時是國內酸雨的最新資訊。這麼一個熟悉的名詞，又切身的問題，激起了我們的興趣，尋找相關資料，期望對酸雨有更進一步的瞭解，並嘗試設計一些簡單的實驗，以確切了解酸雨的形成及為害情形。

一般以pH值，來顯示酸鹼度，pH值愈小，代表酸性愈強，pH值為7代表中性。通常雨水裡都溶有大氣中的二氧化碳，雨水和大氣保持平衡時，pH值為5.6，如果pH值在5.6以下，我們就稱為酸雨。

由於技術問題，我們所做的一切研究只限於溼性降雨，不包括以顆粒狀物質下降的乾性沉降。

二、研究目的

- (一)設計實驗製造人工降雨，求取人工雨水的pH值，以證明石化燃料和酸雨的關係。
- (二)利用雨量計收集板橋地區的雨水、測其pH值，自83年7月1日起至84年1月31日止，共七個月，用以了解板橋地區酸雨的情況，並分析酸雨的pH值和雨量多寡，雨期長短及季節等因素間的關連。
- (三)設計一些實驗探討酸雨對生物的影響。
- (四)利用環保署對台灣全省的酸雨檢測資料〔自79年至82年〕，了解台灣地區酸雨的嚴重性及分佈情形，進而探討如何防範，及補救之道。

三、研究器材

配合實驗內容器材共分三組：

(一)製造人工降雨：

壓克力箱一個〔長、寬、高各30CM〕箱子兩側各挖一個洞，蓋子同時做成容器（高約5CM）

冷劑少許〔鹽：冰=1：3〕

汽油少許（92無鉛汽油）

大燒杯一個〔500ml〕

酒精燈兩個

三角架一個

pH儀一台

石棉心網一個

打火機

鋁箔紙

(二)測量雨水pH值：

雨量計一個

pH值儀一台

量筒一個

蒸餾水一桶

(三)生物實驗：

pH儀一台

硫酸一瓶

大燒杯（500ml 十個）

綠豆一包

水蘊草六段

塑膠淺盆六個

顯微鏡一台（附加顯微照相）

蒸餾水四桶

硝酸一瓶

滴管二支

頭髮一些

棉花二包

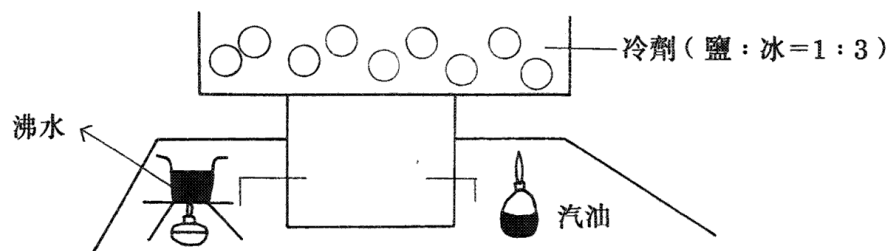
彈簧秤一個

四、實驗步驟

本次研究酸雨共分三部分實驗：

(一)製造人工降雨：

1.將壓克力箱裝置如圖：



2.點燃汽油使廢氣進入壓克力箱內，同時使水蒸氣也進入壓克力箱內，在冷劑的冷凝下形成人工雨水。

3.將壓克力箱內的人工雨水倒出，以pH儀測量出pH值。

(二)收集並測量雨水的pH值：

1.將雨量計置於板橋成都路某公寓五樓頂的天台上，並將雨量計以蒸餾水洗

淨。

2.只要有下雨的日子，於傍晚五點，收集雨水記錄雨量並求其pH值。

3.本實驗從民國83年7月1日起，連續測量至84年1月31日止共七個月。

註：每次皆須以蒸餾水，清洗雨量計，且pH儀每次皆須校正。

(三)生物及毛髮實驗：

本實驗先配製人工酸雨備用：

根據環保署的報告「台灣地區酸性沈降物之調查研究」，測出酸雨中以硫酸根和硝酸根離子最多且濃度約為5：1。因此我們在蒸餾水中用硫酸和硝酸以5：1的體積滴入蒸餾水中，配製成pH值3.5、4.0、4.5、5.0和5.5的五種溶液，做為人工酸雨，以供下列實驗用：

1.綠豆發芽：

甲在六個塑膠淺盆內鋪上一層棉花，每盆內均勻放入70顆綠豆。

乙每天分別澆不同pH值的人工酸雨和自來水（ $\text{pH}=6.9$ ），每盆每天澆200ml。

丙每天數其發芽個數共五天。

丁在不同pH值的澆淋下，求其發芽率。

2.水蘊草：

甲將六個500ml的大燒杯裝滿pH值3.5、4.0、4.5、5.0、5.5的溶液和自來水。

乙每杯內放置一截約30cm長的水蘊草。

丙每天觀察其生長情形並記錄下來。

3.毛髮實驗：

甲取一把長約30cm的頭髮，分別浸泡在不同pH值的人工酸雨中。

乙經六天後取出，將每根頭髮一端用手拉住，一端綁在彈簧秤上。

丙用手慢慢拉至斷掉時讀取彈簧當時的外力。

丁比較不同pH值的酸雨對毛髮造成的影響。

戊以顯微鏡（ 15×40 ）觀察毛髮的外觀，比較其不同，並照相。

五、實驗結果與討論

(一)製造人工降雨：

1.本實驗共花150分鐘加熱沸水和燃燒汽油，得到人工雨水約10ml，經測其pH值為4.40。

2.雖然水蒸氣量的多寡，足以影響人工雨水的pH值大小，但本實驗得到pH

值為4.40的人工雨水，即證明汽、機車和工廠排放的廢氣如：二氧化硫、氮氧化物等確是酸雨的主要元凶。

(二)測量板橋雨水pH值：

- 1.實驗數據及當天的風向、風速、氣壓、雨量等相關資料及各種pH值平均值如日平均、月平均、季平均值等請詳加記錄。
- 2.平均pH值的計算方式是先換算成氫離子濃度，即 $[H^+]$ ，再求平均，然後再以平均 $[H^+]$ 換算求得平均pH值。

註：此步驟以電腦執行。

3.結果如下：

(1)板橋雨水日平均pH值等於4.88，且酸性降雨日數也佔降雨總日數的百分之六十二，顯示板橋地區已明顯有酸雨現象。

A.單日最高pH值出現在8月8日颱風天，為6.73，可能是強風吹散污染物，且為大量雨水稀釋，使其有最高pH值。

B.單日最低pH值出現在9月13日為4.22，可能是因之前很久沒下雨，且當天氣壓較高空氣中累積較多酸性物質所致。

(2)月平均：

年	83年						84年
月份	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	一月
pH值	4.48	6.15	4.22	5.25	無	5.27	5.00

A.十一月份因降雨日數少，且降雨量過少，經雨量筒吸收及蒸發，往往收集不到雨水。

B.最低pH值出現在九月份4.22及七月份4.48，根據中央氣象局提供的資料，實驗期間月平均風速最弱在九月份及七月份均為2.9公尺/秒。所以我們推測風速弱且無颱風，使污染物不易擴散，是造成這兩個月份雨水pH值明顯較低的主因。

C.最高pH值出現在八月份的6.15，根據中央氣象局的資料，八月份的降雨總量最高為441.7mm，且八月份出現兩個颱風。因此我們推測颱風帶來的大量雨水及強風吹散污染物是造成高pH值的主因。

(3)季平均：

季節	夏季	秋季	冬季
月份	七、八月	九、十、十一月	十二、一月
pH值	4.77	4.87	5.11

A. 季平均pH值最低在夏季4.77，最高在冬季5.11。這結果和環保署監測結果不謀而合，原因是北部地區冬季有較強的東北季風長時間的吹拂，使污染物得以散失，故雨水pH值較高，而夏季風較弱不利污染物擴散故有較低的pH值。

(4) 夏季陣雨型的雨水，有較低的pH值，可能除了風較弱不利於擴散外，且陽光較強，有利於光化學的反應，生成較多的酸性物質，也是可能因素。

(5) 所有颱風雨，其雨水pH值均較高，原因如前所述，強風與豪雨是主因。

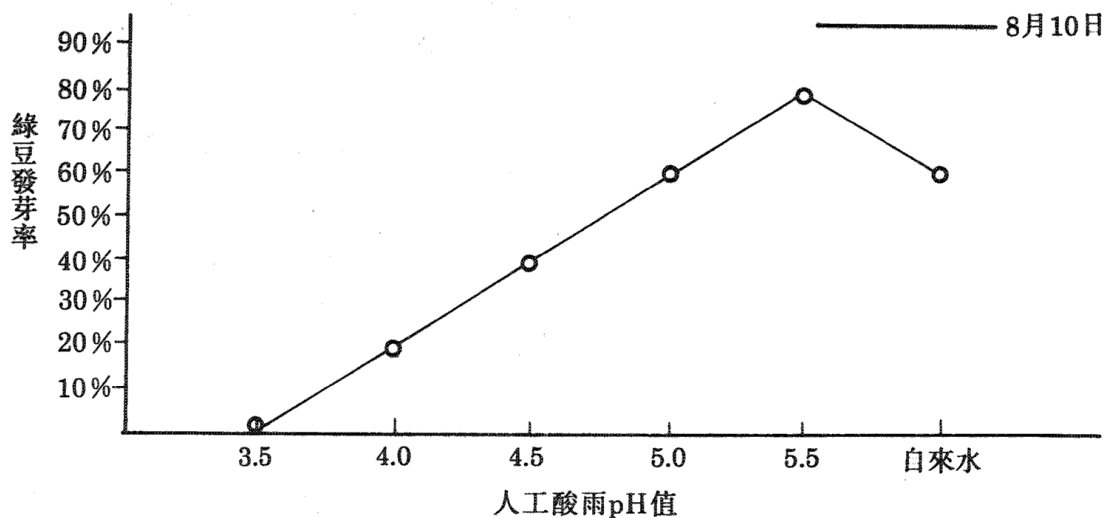
(6) 冷鋒雨、寒流雨pH值不具特色。

(三) 生物及毛髮實驗：

1. 綠豆發芽：

經過五天的記錄結果如下：

	第一天	第二天	第三天	第四天	第五天	發芽率
pH=3.5	0	0	0	0	0	0
pH=4.0	5	11	11	11	11	15.7%
pH=4.5	3	11	25	26	26	37.1%
pH=5.0	6	22	40	43	43	61.4%
pH=5.5	15	41	45	57	57	81.4%
白來水	29	35	45	45	45	64.3%



(1) 由實驗結果可看出，若酸雨pH值低到3.5時，綠豆不發芽，pH值為4.0

時，發芽率也相當低。可見嚴重的酸雨會抑制植物種子發芽。

(2)自來水和pH值5.5的酸雨，其發芽情形最好。

2.水蘊草：

觀察水蘊草十天的生長情形如下：

pH值	水蘊草生長情形
3.5	二天內顏色即由鮮綠變成黃綠色再變成黃色而死亡
4.0	三天內顏色漸變黃，且逐漸柔軟而終死亡水色也呈黃綠色
4.5	葉子末梢逐漸變為暗綠色葉子柔軟易斷約四天後死亡
5.0	葉子末端由鮮綠色變為黃綠色且下垂，並且彈性變差
5.5	一直保持綠色，但葉子下垂且柔軟
自來水	一直保持鮮綠色且彈性良好

(1)由實驗結果看出在pH值3.5、4.0、4.5的溶液中的水蘊草很快就變色死亡，可看見酸雨對水中植物影響仍然很大。

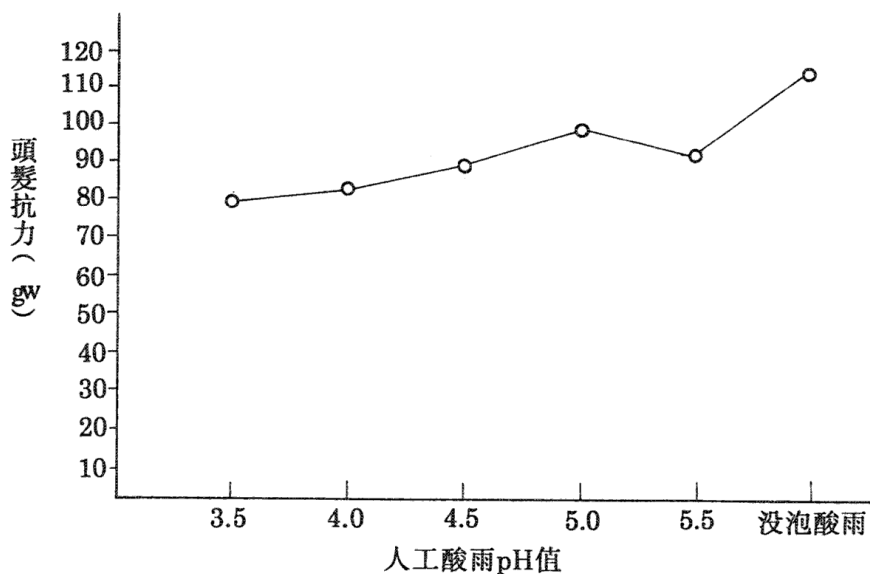
(2)當湖泊逐漸酸化，其pH值若低到5.0以下，則可能導致水中植物的死亡。

(3)水蘊草在自來水中生長情形最好。

3.毛髮實驗：

頭髮的抗力及外觀如下表：

外力 酸雨pH	1	2	3	顯微鏡下的外觀
3.5	70	95	95	顏色最淺，呈棕色且兩側有明顯受損情形
4.0	85	80	95	顏色也很淺透光性良好兩側毛毛的
4.5	100	90	95	顏色呈深棕色，兩側毛毛的透光性較差
5.0	115	105	105	顏色呈深棕色兩側較黑受損較不嚴重
5.5	100	95	115	顏色呈深棕色較透光性很差兩側較黑
沒泡酸雨	120	130	110	健康的頭髮顏色最深透光性最差



- (1)從實驗結果明顯看出，頭髮泡在pH值較低的人工酸雨中受損最嚴重。其抗力減弱，尤其以pH值3.5和4.0最明顯。
- (2)健康頭髮透光性差且較黑。但受損頭髮透光性佳，因此顏色變淺且兩側會有毛毛的情形出現。
- (3)由實驗結果知若動物長時間受酸雨淋洗，則毛髮變差，甚至出現掉髮或脫毛現象。

六、結 論

- (一)根據實驗結果顯示板橋酸雨的情況已普遍存在，且由來已久，平均pH值為4.88。
- (二)酸雨的生成，除了受大氣環境中污染物的種類與濃度的影響外，氣象條件（如風速、風向、季節變化、降雨型式、降雨強度、降雨量、降雨間隔）與地形特性也是主要因素。
 - 1.因受季風和地形的影響，北部夏季雨水pH值最低、冬季最高，南部則相反。
 - 2.北部夏季陣雨型雨水pH值最低。
 - 3.颱風雨pH值最高。
 - 4.強風、豪雨型降水pH值較高。
 - 5.降雨間隔時間較久，pH值較低。
- (三)根據環保署資料顯示台灣地區酸雨現象已十分普遍而嚴重，其中酸雨以台北的4.15最為嚴重。

站名	平均pH值(79年~82年)	站名	平均pH值(79年~82年)
台北	4.15	台中港	4.58
龜山	4.26	太麻里	4.83
中壢	4.32	嘉義	4.96
小港	4.38	澎湖	5.17
羅東	4.55	墾丁	5.37

- 1.其中太麻里站位於台東縣之南，西屏中央山脈東臨太平洋，北側的台東縣及南側的屏東縣境並無重大污染源，故其雨水之低pH值，可能是由其他區域的污染物傳送來的，可見酸雨是沒有界限的。
- 2.根據環保署資料顯示，都市地區雨水中的硫酸根離子及硝酸根離子濃度較鄉村地區高，顯然是都市空氣中含有較高的酸性物質，此應與都市工廠及汽機車較多有關係。
- 3.整個台灣地區平均而言，冬季pH值較低，而夏季較高。可能是冬季常受大陸冷高壓籠罩，空氣對流差，空氣品質差，加上雨水較少有關。另外大陸華南地區的酸性污染物是否會隨大陸冷氣團帶來台灣，也值得再研究與追蹤。

(四)二氧化硫和氮氧化物是造成酸雨的主要元凶，而其來源主要來自燃煤或燃油的火力電廠，交通工具的排氣及工業生產過程污染物的排放。因此如何以工程技術於燃料品質、燃燒過程、出口端處理方式加以防制減少污染物的排放，恐是當務之急。尋找無污染的新能源替代品，則是長久之計。

(五)酸雨對環境的影響及傷害有：

- 1.酸雨會造成土壤酸化，抑制植物發芽生長，使得樹木變黃，枝葉掉落，最有名的如阿爾卑斯山及西德的黑森林。
- 2.酸雨會降低湖水pH值，破壞水生生態系的平衡，使湖泊變成死湖。
- 3.酸雨會腐蝕岩石和金屬，所以住宅橋樑等建築物也會遭酸雨腐蝕。
- 4.對人類而言更可能造成上呼吸道感染及眼睛、皮膚、頭髮的損傷。

(六)在未能徹底解決酸雨為害以前建議補救措施如下：

- 1.種植耐酸植物。
- 2.投入鹼性緩衝劑如 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 、 CaCO_3 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 等化合物於已酸化的湖泊、溪流或土壤以改善pH值，緩和酸化程度。

3.建築物常塗油漆防蝕。

4.有上呼吸道敏感的患者家中最好裝設空氣淨化系統。

(七)希望經由我們的實驗研究能喚起一般民眾對酸雨的認識及重視，使得人人能節約能源，減少石化燃料的使用量。

七、參考資料

- 1.台灣地區酸性沈降物之調查研究報告共五本——行政院環保署編印
- 2.環境科學概論——金覽明、周富祥編著
- 3.環保小百科——日本環境廳著
- 4.環保小小百科——美國地球工作團體編著
- 5.牛頓雜誌第87、92期
- 6.自83年1月~83年12月之風向風速氣壓雨量等相關資料——中央氣象局提供

評語

本作品利用雨量計收集台北縣板橋地區的雨水自83年7月1日起至84年1月31日止共7個月測其pH值並分析酸雨的pH值和雨量多寡，雨期長短及季節等因素間的關鍵性，本作品於說明酸雨之主要成因導因於工業及汽機車廢氣之排放（ NO_x ， SO_x 等）且說明酸雨無國界之觀念。

本作品具有科教意義。