

# 屏東縣第 66 屆科學展覽會

## 作品說明書

科別：地球科學科

組別：國小組

作品名稱：風塵封塵

~探討高屏溪舊鐵橋區揚塵因子~



關鍵詞：沙塵暴、植被、含水量

編號：A5002

# 目錄

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 摘要.....                              | 1  |
| 壹、前言.....                            | 2  |
| 研究動機、研究目的、探討文獻、實驗設計與流程.....          | 2  |
| 貳、實驗材料與器材.....                       | 4  |
| 參、研究過程與方法.....                       | 4  |
| 肆、實驗結果與討論.....                       | 9  |
| (一) 調查屏東地區近年來揚塵及空氣中懸浮微粒變化情形.....     | 9  |
| (二) 分析高屏溪舊鐵橋區不同環境砂石顆粒大小分布及含水量的差異     | 10 |
| (三) 製作模擬自然風的裝置並測量風速隨風源距離遠近的變化情形...   | 13 |
| (四) 分析高屏溪舊鐵橋區不同環境在風吹時沙量變化及空氣中懸浮微粒的變化 |    |
| .....                                | 15 |
| (五) 探討風吹時砂石顆粒的大小和沙量變化及空氣中懸浮微粒的關係     | 17 |
| (六) 探討風吹時砂石含水量和沙量變化及空氣中懸浮微粒的關係.....  | 18 |
| (七) 探討噴霧對減少揚塵及空氣中懸浮微粒的影響.....        | 20 |
| (八) 探討植物對減少揚塵及空氣中懸浮微粒的影響.....        | 21 |
| 伍、結論.....                            | 22 |
| 陸、參考文獻.....                          | 23 |

# 題目：風塵封塵

## ~探討高屏溪舊鐵橋區揚塵因子~

### 摘要

一年當中除了雨天，只要不下雨的時間超過2星期，河川的沙石就可能成為空氣污染的元兇，我們研究高屏溪舊鐵橋區域的裸露區、植被區和種植西瓜區的沙石組成及可能造成沙塵的因素並嘗試探討土壤和空氣的含水量及植栽等對減少空氣中懸浮微粒的效果，結果發現：

- 一、四個樣區的土壤顆粒組成差異很多，裸露地的砂粒一半以上都是粒徑小於0.075mm的細顆粒，造成空氣中懸浮微粒的增加量也最多；植被區細砂粒比例只剩下三分之一造成空氣中懸浮微粒的增加量最少，可見有植被區可以有效地減少空氣中懸浮微粒的數量。種植西瓜區大顆粒的比例比較多。
- 二、四個樣區的含水量以近河岸區最高，經過日曬，含水量迅速下降，1星期下來，含水量由約40%(雨天)降至16.32%，9天後剩1.79%，植被區因植物的保水效應，使其含水量降低最少，穩居第二。
- 三、土壤含水量越多沙子減少的%就越少，PM2.5 和 PM10 的增加量也會減少，小於0.075mm 的細小沙粒較明顯，加水 1%就能有效減少 PM2.5 和 PM10 的增加量。
- 四、空氣中的含水量能明顯的降低懸浮微粒的量，其效果在 1 分鐘噴 50 下的時候就已經跟 1 分鐘 100 次差不多了。
- 五、植物中以矮牽牛減少空氣中懸浮微粒的效果最好。



裸露的沙石易造成沙塵污染



覆蓋植物的區域，砂石受到植物的遮擋、抓取、保水，不易造成沙塵污染

# 壹、前言

## 一、研究動機

同學都說我的鼻子眼睛是氣象站，打掃校園(右圖)，揚起的灰塵讓我鼻子發癢，霧霾來臨時，讓我眼睛紅腫，看到這種情形，我就開始想，這些灰塵是怎麼被吹起來的呢？我們生活環境中風沙的主要來源是高屏溪，所以我們調查屏東地區，近年來揚塵及空氣中懸浮為例變化的情形，我們分析了高屏溪旁舊鐵橋區不同環境沙石顆粒大小分布及含水量的差異，我們自製並模擬自然風還有測量風源距離遠近的變化情形，分析了舊鐵橋區的風吹沙及空氣中懸浮為例的變化，且探討風吹沙時砂石顆粒的大小和沙量及空氣中懸浮微粒的關係和砂石含水量與沙量變化及空氣中懸浮為例的關係，探討噴霧和植物對減少揚塵和空氣中懸浮微粒的影響。希望透過這次研究，我們可以找到減少揚塵的方法，讓校園在打掃時不再煙霧瀰漫，也可以讓大家在一個更乾淨、更健康的環境學習。



打掃時煙霧瀰漫的情形

## 二、研究目的

- (一) 調查屏東地區近年來揚塵及空氣中懸浮微粒變化情形
- (二) 分析高屏溪舊鐵橋區不同環境砂石顆粒大小分布及含水量因不下雨減少的差異
- (三) 製作模擬自然風的裝置並測量風速隨風源距離遠近的變化情形
- (四) 分析高屏溪舊鐵橋區不同環境在風吹時沙量變化及空氣中懸浮微粒的變化
- (五) 探討風吹時砂石顆粒的大小和沙量變化及空氣中懸浮微粒的關係
- (六) 探討風吹時砂石含水量和沙量變化及空氣中懸浮微粒的關係
- (七) 探討噴霧對減少揚塵及空氣中懸浮微粒的影響
- (八) 探討植物對減少揚塵及空氣中懸浮微粒的影響

## 三、文獻探討

### (一) 過去的研究:

#### 1.風殺竹塹--新竹市沙塵暴的探討

研究先以吸管束成風洞裝置，風扇為風源模擬河邊自然風的實驗。

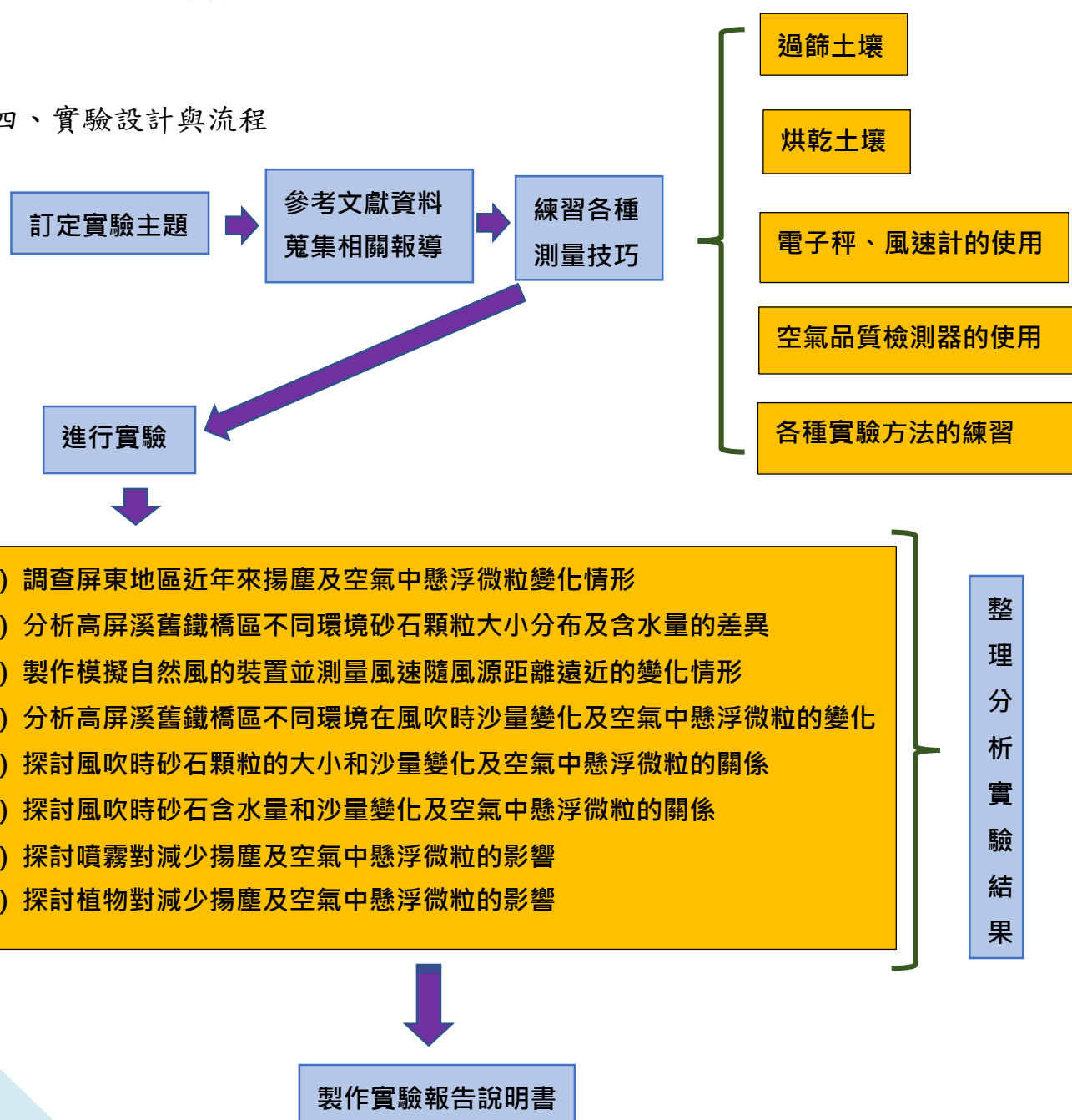
發現 2cm 長的吸管便可達到風洞效果使風保持平穩。在沙量的實驗，發現地表風速在 2.5m/s 以上，表面的沙子會飛走。在撒水的實驗中只要 0.5%的水就可以定住70%的沙子(參考1)。

2. 二岸塵情-濁水溪下游南北二岸西螺與溪州之落塵及PM2.5相關性研究分析  
研究發現 PM2.5 與蒐集落塵及氣象署 AQI，在濁水溪南岸高於北岸，戶外高於室內；冬季北風時戶外高於室內，南岸戶外、室內均高，可見空氣品質受東北季風及地形風、對流風的影響很大(參考2)

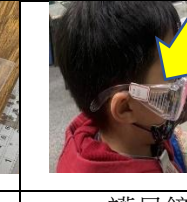
(二)屏東懸浮微粒來源 環境部新聞專區(參考3)

1. 境外污染:由於南部地區空氣品質不良之情形多發生在初春及冬季(1 月至 4 月及 10 月至12 月)，主要於冬天的東北季風挾帶境外污染物及全國中北部污染物往南吹。
2. 鄰近工業區污染排放累積:大高雄地區工廠林立與車輛集中，污染排放累積，導致此季節較易出現空氣品質不良之狀況。
3. 久旱不雨、氣候乾燥、河川砂石含水量低，遇到颱風或括起南風時，常會出現漫天風砂的沙塵暴事件。

#### 四、實驗設計與流程



## 貳、實驗器材

|                                                                                    |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                      |                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   |   |   |   |   |
| 砂土                                                                                 | 計時器                                                                                | 短尺、鏟子                                                                              | 小風扇、皮尺                                                                             | 裝土容器、袋子                                                                              | 空氣品質測定儀                                                                              |
|   |   |   |   |   |   |
| 烤箱                                                                                 | 電子秤                                                                                | 量筒                                                                                 | 長尺                                                                                 | 壓克力板                                                                                 | 護目鏡                                                                                  |
|   |   |   |   |   |   |
| 燒杯                                                                                 | 下雨模擬器                                                                              | 篩網                                                                                 | 口罩                                                                                 | 裝土墊                                                                                  | 塑膠吸管                                                                                 |
|  |  |  |  |  |  |
| IPAD                                                                               | 七里香                                                                                | 矮牽牛                                                                                | 羅漢松                                                                                | 吊蘭                                                                                   | 風速計                                                                                  |

## 參、研究過程與方法

### 實驗一:調查屏東地區近年來揚塵及空氣中懸浮微粒變化情形

- (一) 搜尋新聞20年來屏東地區嚴重的沙塵暴事件發生的時間(參考3)
- (二) 搜尋環境監測網的資料，整理屏東地區近兩年的懸浮微粒數量變化情形(參考4)

### 實驗二:分析高屏溪舊鐵橋區不同環境砂石顆粒大小分布及含水量因不下雨減少之差異

#### (一) 樣本取樣方法

- 1.在高屏溪舊鐵橋和新鐵橋劃定4個區域，A為離溪水約150~200公尺處裸露灘、B為離溪水約150~200公尺處有植物生長處、C為離溪水5~10公尺裸露灘及

種植西瓜區，每一區的取樣範圍為 15cm\*15cm 的正方形 3 處，深度 2cm，挖約 500g 土回學校分析。



## (二) 分析取樣點砂土粒徑大小及含水量隨時間的變化

- 1、在3個樣區共取得9個樣本，每一個樣本土秤重 ( $w$ ) 克，放進烤箱烤乾 ( $200^{\circ}\text{C}$ ，40分鐘，再秤重量( $W1$ )克， $(W - W1)/w*100\%$ 即為每一個樣本含水量的百分比。



- 2、12/25下雨後，連續3週(沒下雨)測量3個樣區含水量的變化。
- 3、使用四種不同大小的篩網過篩樣本，網眼大小分為:0.9mm (20目)、0.45mm (40目)、0.15mm (100目)、0.075mm (200目)，分析比較每區域砂土組成顆粒大小的差異。



烘乾各區的採集土



將各區的土過篩



將過篩後的土秤重

### 實驗三:製作模擬自然風的裝置並測量風速隨風源距離遠近的變化情形

- (一) 準備小風扇1個並架設風速計。
- (二) 將吸管剪成長 2cm的短吸管，用雙面膠黏成風洞（參考1）。
- (三) 分對照組(無風洞)與實驗組(風洞)。
- (四) 風強度為 $4\text{m/s}$ 時，但風速計底離桌面2 cm高(與風扇頂等高)測量距離風口 0、10、20、30、40、50、60、70、80、90、100 cm 的風速。
- (五) 方法如步驟(1)~(4)，風速計底離桌面8.5 cm高，測量距離風口 0、10、20、30、40、50、60、70、80、90、100 cm 的風速，整理分析實驗數據。
- (六) 方法如步驟(一)~(五)，改變風速大小（ $5\text{x}$ 、 $4\text{x}$ 、 $3\text{x}$ ），比較不同風速隨距離的遞減情形。



吸管製作的風洞

### 實驗四:分析高屏溪舊鐵橋區不同環境的砂石在風吹時沙量變化及空氣中懸浮微粒的變化

- (一) 取四個樣區的土各30g，放在壓克力板直徑8公分的圓內。
- (二) 風強度為 $4\text{m/s}$ ，將步驟一的土放在測量位置，如下圖。
- (三) 記錄風吹5分鐘後剩下的沙量及空氣PM2.5、PM10和AQI的量(用ipad攝影紀錄5分鐘內最高的量)。比較吹走沙粒的百分比及PM2.5、PM10和AQI的增加量。
- (四) 每個樣區重複測 3 次，平均並整理分析實驗數據



畫上直徑 8 公分的壓克力板



壓克力板放 30g 的沙土



風吹沙土，測空氣品質及剩沙

## 實驗五、探討風吹時砂石顆粒的大小和沙量變化及空氣中懸浮微粒的關係

- (一) 在長 10cm，寬 10cm 的壓克力板上畫一個直徑 8 公分的圓(如實驗四)。
- (二) 分別倒入30g 不同粒徑大小的沙子  
(0.59mm~0.149mm # 30、0.149mm~0.104mm # 100、0.104mm~0.074mm # 150、<0.074mm # 200)，在圓形位置，鋪平。
- (三) 風速為4.0m/s的風吹 5min 後紀錄剩下的沙量及距離風扇50~60cm，高約8.5 c m處測空氣中PM2.5、PM10和AQI的量(用ipad攝影紀錄5分鐘內最高的量)，比較吹走沙粒的百分比及PM2.5、PM10和AQI的增加量。
- (四) 每種顆粒大小測3次，算平均做分析比較



風吹沙土，測空氣品質及剩沙

## 實驗六: 探討風吹時砂石含水量和沙量變化及空氣中懸浮微粒的關係

- (一) 調配出粒徑在0.149mm~0.074mm間，含水量為1%、5%、10%、20%、30%、40%沙土各30g，沙土與水的比例，如下表所示：

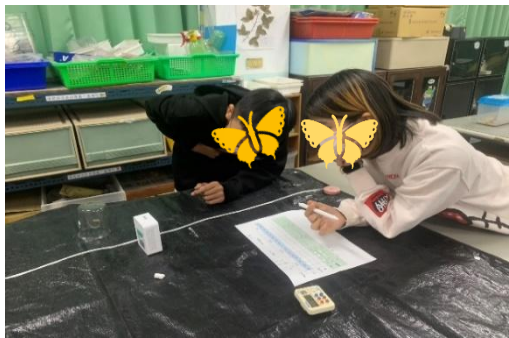
不同含水量配置法，30克的沙子需要加的水量(克)

| 沙子:水重   | 1%   | 5%  | 10% | 20% | 30% | 40% |
|---------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 加入水重(g) | 0.30 | 1.5 | 3   | 6   | 9   | 12  |

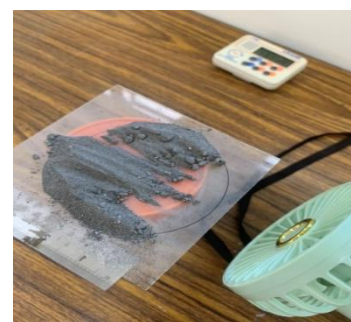
- (二)在壓克力板上的圓中倒入 30g 調好含水量的沙土，鋪平
- (三)準備風扇，風速為 4.0m/s，吹壓克力板上的沙土 5min，紀錄剩下的沙量及空氣 PM2.5、PM10 和 AQI 的量(用 ipad 攝影紀錄 5 分鐘內最高的量)，比較吹走沙粒的百分比及 PM2.5、PM10 和 AQI 的增加量。
- (四)每種含水量測3次，算平均做分析比較



秤 30g 砂石

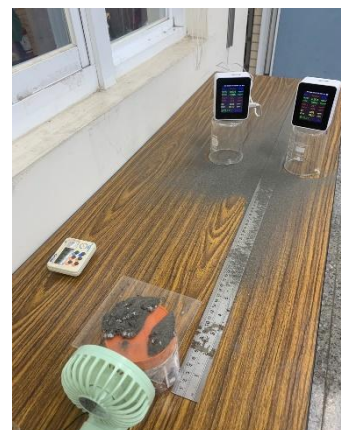


風吹沙土，測空氣品質及剩沙



## 實驗七:探討噴霧對減少揚塵及空氣中懸浮微粒的影響

- (一)粒徑在 0.149mm~0.074mm 的沙子 30g，放在壓克力板的圓圈中，鋪平。
- (二)風扇風速以4.0m/s 進行實驗。
- (三)在放沙子的壓克力板前，分別用噴霧量100次/秒、50次/秒、25次/秒(以節拍器控制次數)，進行實驗，如右圖。
- (四)記錄不同的噴霧量，空氣PM2.5、PM10和AQI的量(用ipad攝影紀錄5分鐘內最高的量)。比較吹走沙粒的百分比及PM2.5、PM10和AQI的增加量。
- (五)每種噴霧量測3次，算平均做分析比較



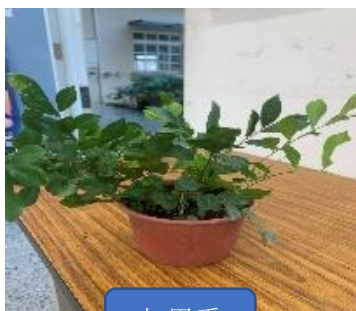
風吹沙土，噴水、  
測空氣品質

## 實驗八: 探討植物對減少揚塵及空氣中懸浮微粒的影響

- (一)粒徑在 0.149mm~0.074mm 的沙子 30g，放在壓克力板的圓圈中，鋪平。
- (二)風扇風速以4.0m/s 進行實驗。
- (三)在壓克力板前放一塊黑色塑膠布，在空氣品質測量器和沙子中間擺放七里香、吊蘭、矮牽牛、羅漢松，如右圖。
- (四)記錄不同的噴霧量，空氣PM2.5、PM10和AQI的量(用ipad攝影紀錄5分鐘內最高的量)。
- (五)每種植物測3次，算平均做分析比較



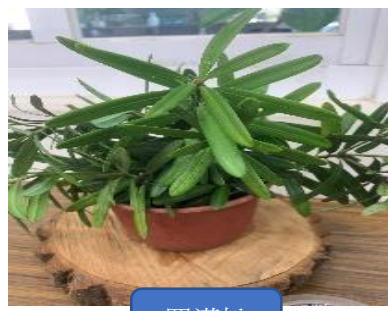
風吹沙土經過植物、測空氣品質



七里香



矮牽牛



羅漢松

## 肆、實驗結果與討論

### 實驗一：調查屏東地區近年來揚塵及空氣中懸浮微粒變化情形

除了校園打掃時間的揚塵外，颶風、車輛經過泥土地等帶來的塵土，也導致空氣混濁，引起人們呼吸道的不適，威脅大家的健康，而且每年東北季風盛行時或來自中國內蒙古的沙塵，讓我們常受沙塵的威脅，整理近20年來屏東地區嚴重的沙塵暴事件:表(1~1)及二年內屏東地區空氣懸浮粒子數量的變化(表1~2))，發現溫度較低的11月到隔年的3月是懸浮粒子的高峰，4月及7月又有沙塵暴襲臺，屏東地區幾乎有半年以上都受到揚塵的威脅，所以如何減少揚塵帶來的困擾是大家關心的課題。

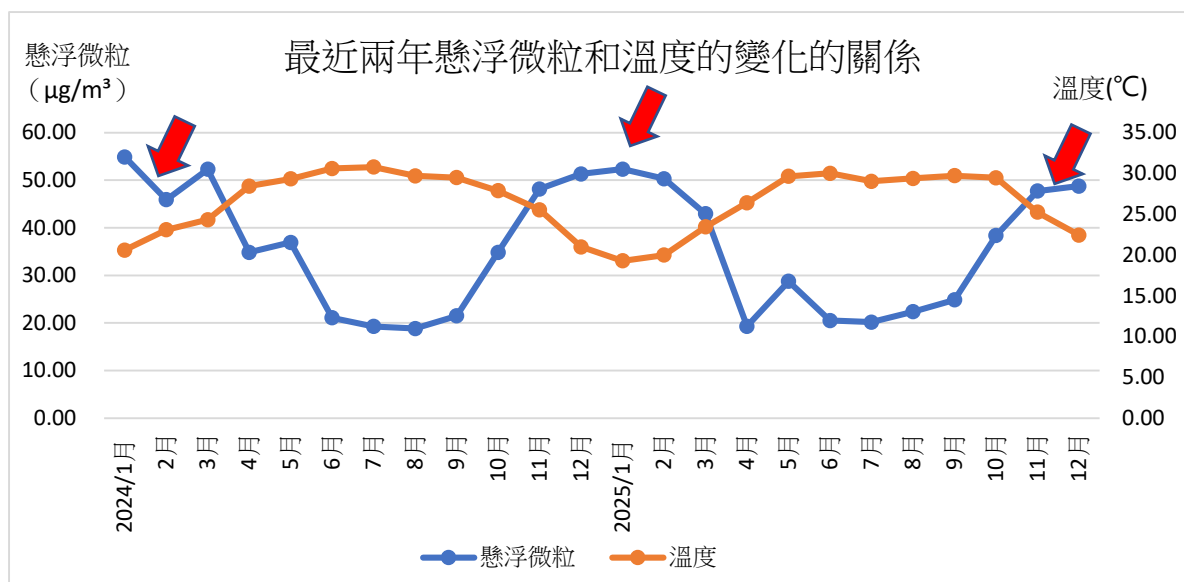
(一)搜尋新聞20年來屏東地區嚴重的沙塵暴事件發生的時間(參考3)，整理如下表(1~ 1)

表(1~1):屏東地區20年來嚴重的沙塵暴事件發生的時間與影響

| 時間              | 沙塵來源                          | 影響                       |
|-----------------|-------------------------------|--------------------------|
| 2010 年 3 月 22 日 | 中國內蒙古                         | 台灣從北到南全部都籠罩在沙塵當中         |
| 2013年7月1日       | 夏天吹西南風時，風把高屏溪出海口附近裸露河床的沙塵揚起   | 屏東市、萬丹鄉、九如鄉和里港鄉4個鄉鎮市受到影響 |
| 2018/04/23      | 吹南風，加上高屏溪乾涸，把細沙都吹上天           | 屏東市區灰濛濛                  |
| 2022 年 7 月 20 日 | 夏天吹西南風時、強陣風，加上沒下雨，裸露的河床就會揚起沙塵 | 鄰近高屏溪一代的鄉鎮，就會發出沙塵警報      |

(二)搜尋環境監測網的資料，整理屏東地區近兩年的懸浮微粒數量變化情形(參考4)

表(1~2):近二年內屏東地區空氣懸浮粒子數量的變化，紅色箭頭為懸浮微粒較多的時間



## 【結果與討論】

1. 由表(1~1)和(1~2)發現受境外沙塵暴影響，4月屏東地區常爆發沙塵暴事件，這期間正好是東亞沙塵暴的好發季節(每年11月至隔年5月)，隨著大陸冷高壓帶來的東北季風，沙塵有機會傳送到台灣，影響空氣品質。
2. 如果持續乾旱，沒有颱風帶來雨水，7月吹西南風時，也容易產生沙塵暴(表(1~1))，屏東地區的沙塵主要來自高屏溪的沙石，因此我們將在後續的實驗中來探討最接近屏東市的高屏溪舊鐵橋地區砂石的特性，或許可以提供防治沙塵的一些方法。

## 實驗二：分析高屏溪舊鐵橋區不同環境砂石顆粒大小分布及含水量的差異

我們觀察發現沙塵和砂石的顆粒大小及砂石含水量有關，所以在離屏東市最近的高屏溪區域(舊鐵橋段)找了四個地點，分別採集砂石回學校分析砂石的特性，想要了解那裡的砂石最容易引起揚塵，這四個地區分別是近灘區(含水量多)、遠裸露區、遠灘植被區、西瓜田區，12月25日下雨一週後(1月1日)進行採集，我們想要知道接下來的時間如果沒下雨，這四個樣區含水量會有何變化?於是每隔9天採集一次進行含水量的分析，結果如下:

表 2~1:高屏溪舊鐵橋段四個樣區砂石顆粒大小分布百分比(%), 紅色占最高比例, 藍色比例

| 沙粒直徑大小(mm) | > 0.9<br>(20 目) | 0.9~0.45<br>(20-40 目) | 0.45~0.15<br>(40~100 目) | 0.15~0.075<br>(100-200 目) | < 0.075<br>(200 目) |
|------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------|
| 近河道裸露地     | 1.05            | 0.80                  | 29.71                   | 3.09                      | 65.34              |
| 遠離河道裸露地    | 3.49            | 18.20                 | 15.28                   | 15.30                     | 47.74              |
| 遠離河道植被區    | 3.48            | 22.22                 | 28.84                   | 12.17                     | 33.29              |
| 種植西瓜區      | 35.78948        | 34.27681              | 4.825972                | 2.59305                   | 22.51401           |

較高的

表 2~2:高屏溪舊鐵橋段四個樣區砂石顆粒大小分布百分比(%)的分布圖:

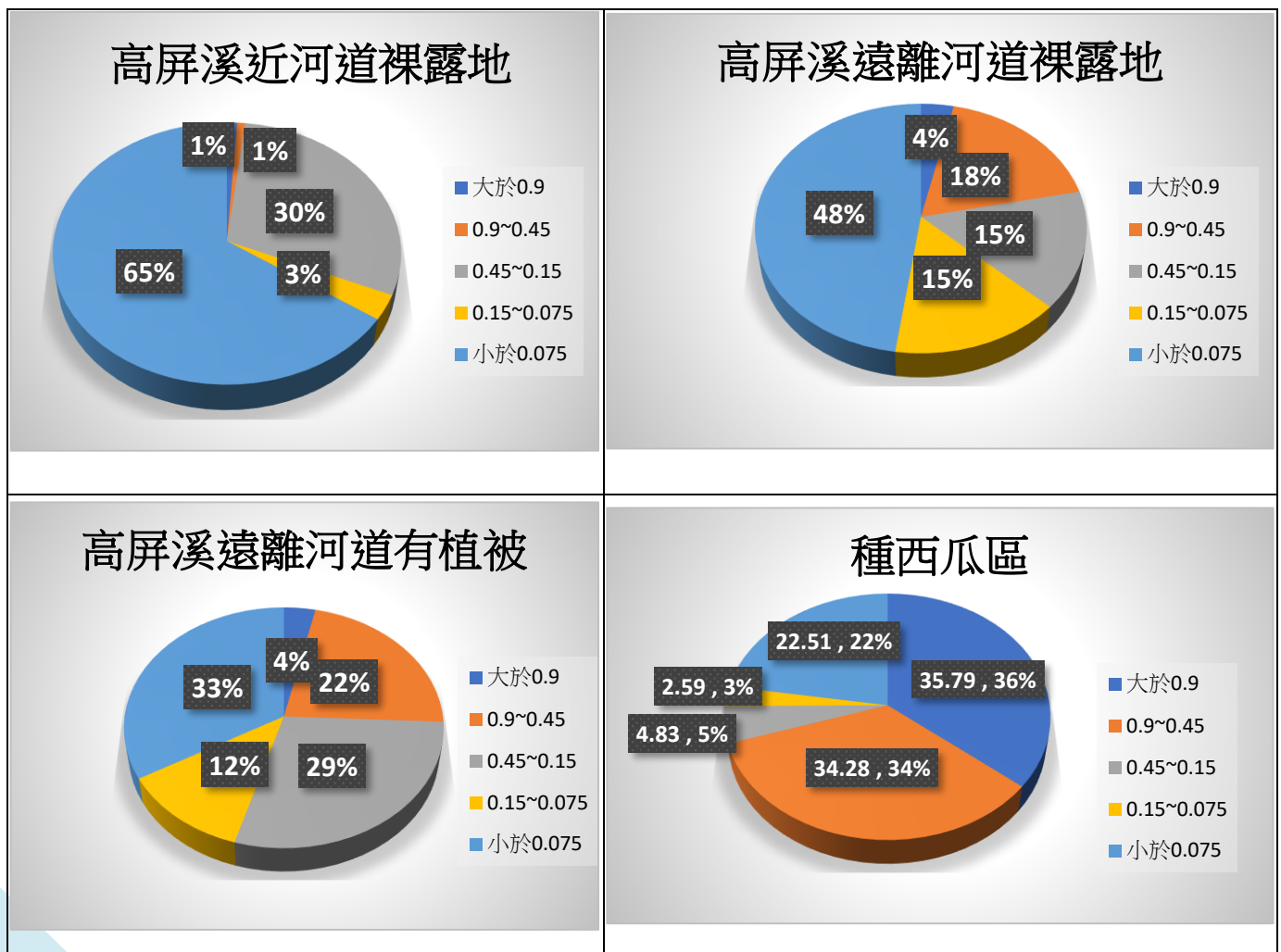
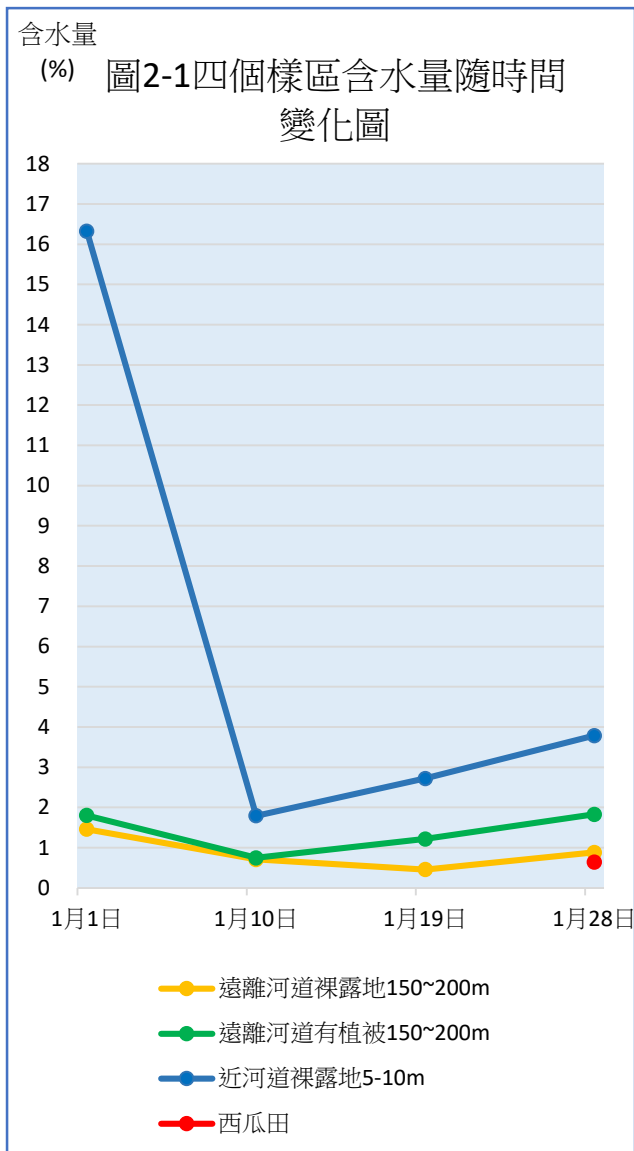
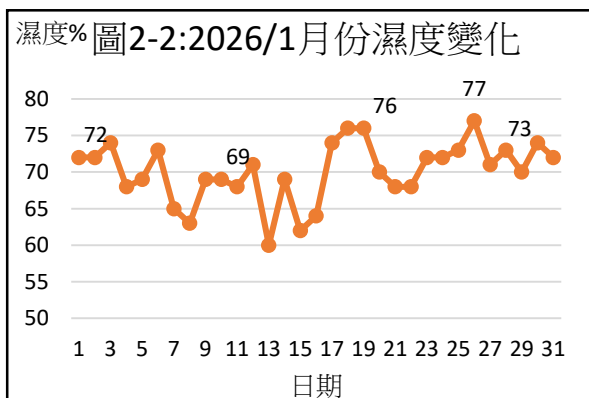


表 2~3:高屏溪舊鐵橋段四個樣區砂石含水量百分比(%)隨時間變化情形:

| 樣區 \ 日期          | 1月1日  | 1月10日 | 1月19日 | 1月28日 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|
| 近河道裸露地 5-10m     | 16.32 | 1.79  | 2.72  | 3.79  |
| 遠離河道裸露地 150~200m | 1.46  | 0.71  | 0.46  | 0.88  |
| 遠離河道有植被 150~200m | 1.80  | 0.75  | 1.22  | 1.83  |
| 西瓜田              |       |       |       | 0.64  |



## 【結果與討論】

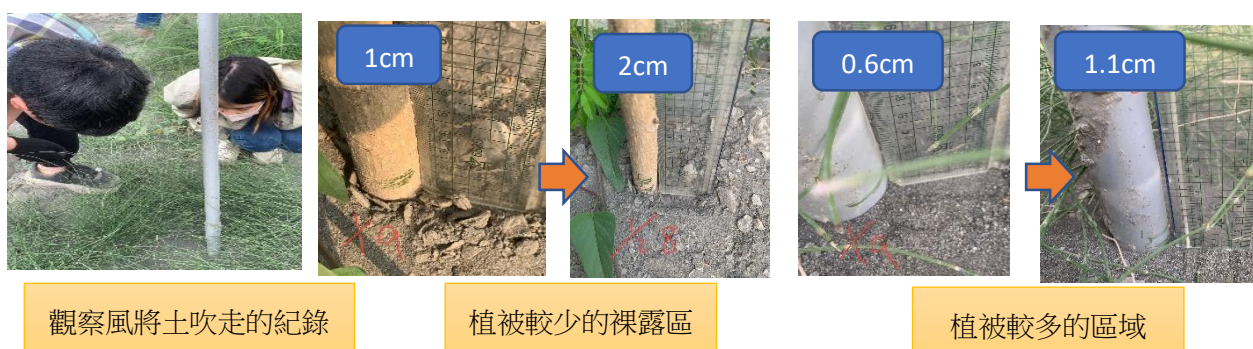
1. 由表2-1及2-2發現近河道裸露地和遠離河道裸露地的砂粒一半以上都是粒徑小於0.075mm的細顆粒，大於0.9mm的砂粒最少；有植被區雖然也是細砂粒較多，但比例只剩下三分之一，大顆粒較少，0.9-0.15的顆粒也不少；種植西瓜區大顆粒的比例比較多，但是也有微細的顆粒，如果細小的顆粒是造成PM 2.5的主要組成，那這四個樣區，在風吹時都會產生PM2.5，影響空氣品質。
2. 四個樣區的含水量以近河岸區最高，下過雨後(12/19.20.26屏東地區下雨)尤其明顯，經過9天的晴朗天氣曝曬，各區的含水量迅速下降(圖2-1)，河岸區降最多，也就是不下雨一週，只要風兒輕輕吹，就會有揚塵和空屋的困擾。接下來的兩次測量，發現各區含水量略增，經過天氣查詢，1/17.18東北季風南下，雖然屏東沒下雨，但天氣陰，濕度大

(圖2-2) 近河岸區含水量依舊最高，植被區因植物的保水效應，使其含水量穩居第二。西瓜田區空曠，水分易蒸發，表層沙土含水量和遠灘裸露地相似，是屬於乾燥沙塵易飛揚區域。(參考6)

### 實驗三:製作模擬自然風的裝置並測量風速隨風源距離遠近的變化情形

由實驗二我們發現高屏溪舊鐵橋區的四個樣區砂石顆粒大小分布差異很大，在樣區我們要確認風真的有吹走這些沙子，在植被少和多的地區插入棍子(1/1)，在沙子處劃一條線，1/19、1/28再觀察畫線的位置，發現植被較少處風吹走沙子約2公分，植被較多處吹走1.1公分，**植被有保護沙子減少被吹走的作用**(如下圖3-1)，查氣象資料，其實這段時間的風速並不大(約2m/sec以下)，仍可造成不少的揚塵。

圖 3-1:觀察 1/1~1/28 期間，植被較少的裸露區植被較多的區域，沙子被吹走的情形。



因此我們將沙子帶回學校，探討風速一樣時，這些地區的砂石吹起的塵土及造成空氣品質的差異，首先我們找到穩定的風速來源，參考歷屆科展作品(參考5)發現風扇吹過自製的風洞能產生較穩定的風速，我們如法炮製，結果如下:

表3-1:沒有經過風洞時，風速計與風扇的距離和位置對測得風速的影響

| 風速計高度         | 風速 | 風速計與風扇的距離 (cm) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------|----|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|               |    | 0              | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  |
| 離桌面<br>2 cm   | 5X | 4.05           | 3.10 | 3.03 | 2.78 | 2.35 | 1.78 | 1.48 | 1.20 | 0.58 | 0.23 | 0.18 |
|               | 4X | 3.78           | 2.80 | 2.68 | 2.58 | 2.23 | 1.85 | 1.58 | 1.25 | 0.83 | 0.60 | 0.00 |
|               | 3X | 3.50           | 2.70 | 2.70 | 2.47 | 1.97 | 1.60 | 1.43 | 1.13 | 0.57 | 0.00 | 0.00 |
| 離桌面<br>8.5 cm | 5X | 0.00           | 0.00 | 1.07 | 1.50 | 1.70 | 1.87 | 1.87 | 1.63 | 1.47 | 1.17 | 0.97 |
|               | 4X | 0.00           | 0.00 | 1.23 | 1.50 | 1.63 | 1.70 | 1.40 | 1.20 | 0.93 | 0.30 | 0.00 |
|               | 3X | 0.00           | 0.00 | 0.77 | 1.43 | 1.63 | 1.60 | 1.57 | 1.33 | 1.07 | 0.57 | 0.00 |

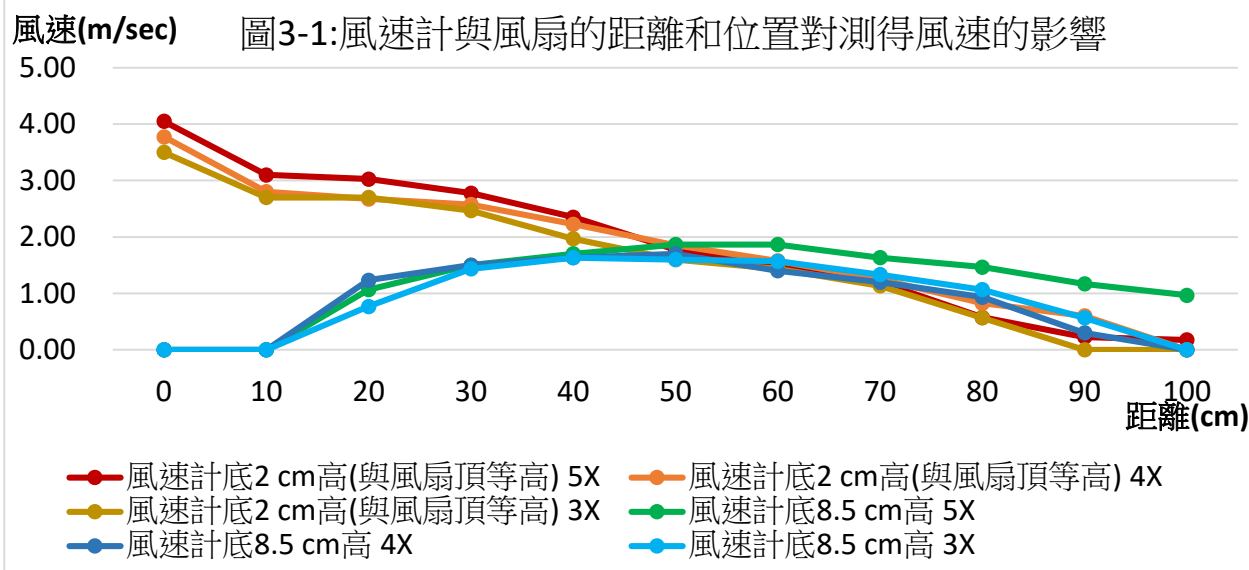
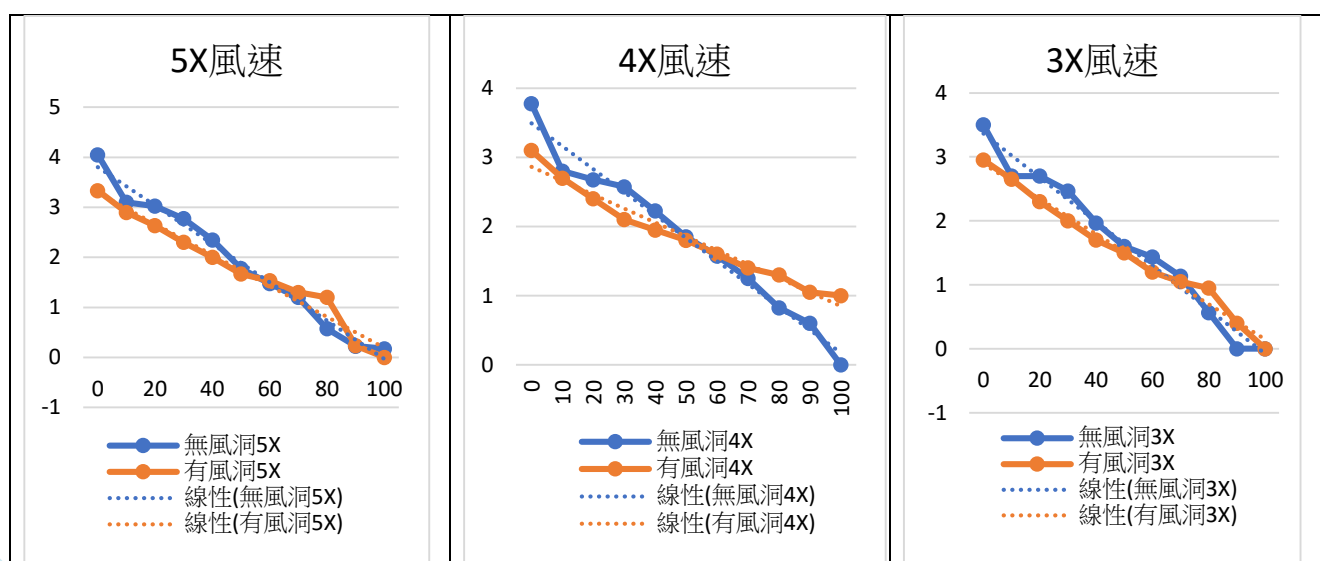


表3-2:不同風速下，風洞的有無對風速計與風扇的距離和位置測得風速的影響

| 距離 (cm) | 0    | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 無風洞 5X  | 4.05 | 3.10 | 3.03 | 2.78 | 2.35 | 1.78 | 1.48 | 1.20 | 0.58 | 0.23 | 0.18 |
| 無風洞 4 X | 3.78 | 2.80 | 2.68 | 2.58 | 2.23 | 1.85 | 1.58 | 1.25 | 0.83 | 0.60 | 0.00 |
| 無風洞 4 X | 3.50 | 2.70 | 2.70 | 2.47 | 1.97 | 1.60 | 1.43 | 1.13 | 0.57 | 0.00 | 0.00 |
| 有風洞 5X  | 3.33 | 2.90 | 2.63 | 2.30 | 2.00 | 1.67 | 1.53 | 1.30 | 1.20 | 0.23 | 0.00 |
| 有風洞 4 X | 3.10 | 2.70 | 2.40 | 2.10 | 1.95 | 1.80 | 1.60 | 1.40 | 1.30 | 1.05 | 1.00 |
| 有風洞 3 X | 2.95 | 2.65 | 2.30 | 2.00 | 1.70 | 1.50 | 1.20 | 1.05 | 0.95 | 0.40 | 0.00 |

表3-3:不同風速下，風洞的有無對風速計與風扇的距離和位置測得風速的變化圖



## 【結果與討論】

1. 在 1 月的實地觀察中發現即使是微風，在 1~4 週後，遠灘裸露區沙粒吹走近 2 公分高，遠灘植被區，雖然受植物的保護，沙粒仍被吹走 1.1 公分(圖 3-1)，這些砂粒在風較強時將可能吹入市區，造成市區的空氣品質變差，影響大家的健康，能見度低，影響交通安全，吹入校園、家裡造成環境的髒汙。然而這些沙塵到底增加多少空氣汙染物，有待我們繼續探討。
2. 在尋找穩定風粒來實驗時發現使用風洞會降低風速，雖然風力較穩定，但與沒風洞時差異不大(表 3-3)，所以我們還是決定不使用風洞，但可利用攝影機錄製實驗中空污增加的量，從中選取最大值作為實驗的結果。
3. 由表 3-1 和圖 3-1 發現除了距離、高度也會影響風速，在距離 50 公分左右、高度 8.5 公分處，風速較穩定，於是我們將空氣品質測定儀放在此位置測量。

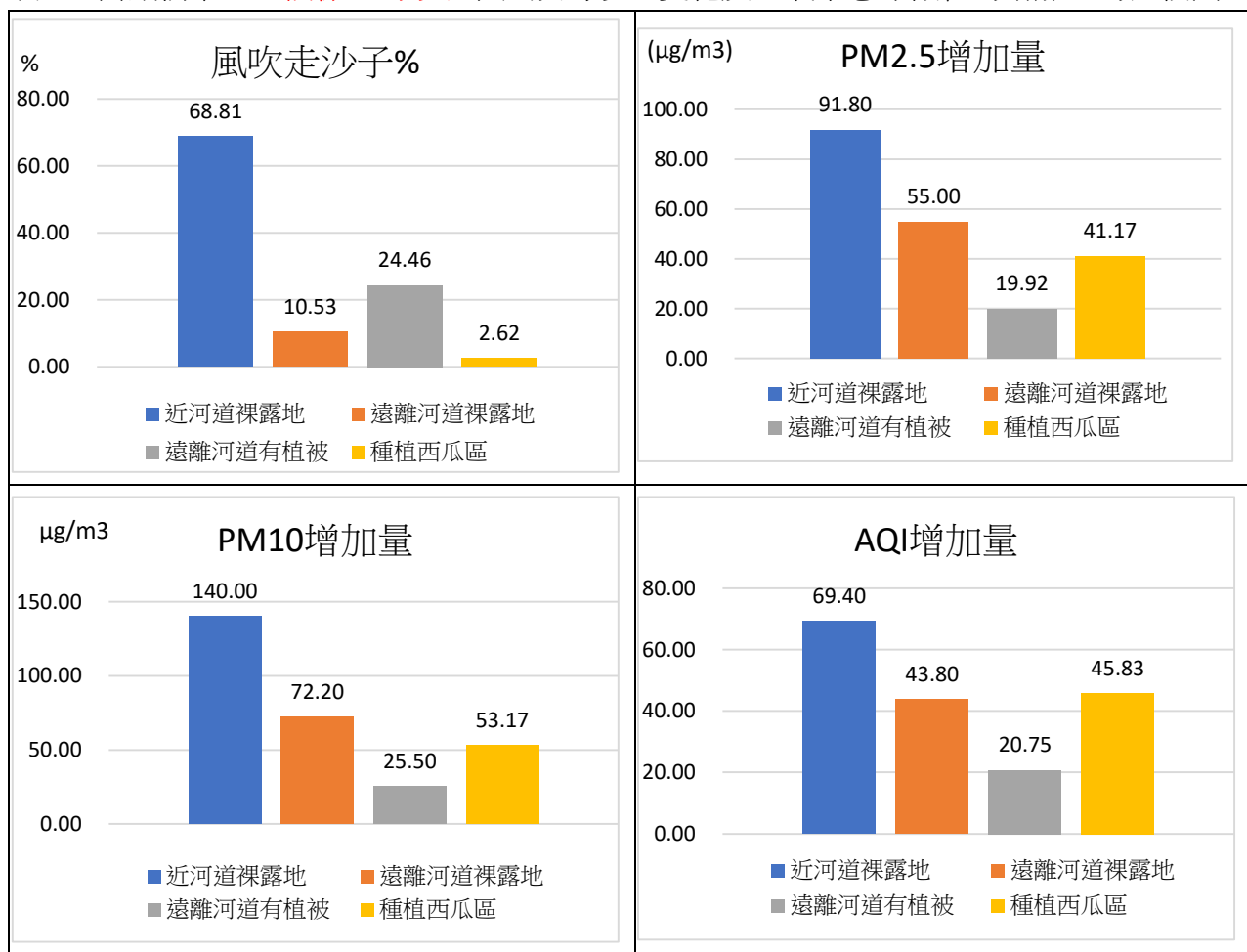
### 實驗四:分析高屏溪舊鐵橋區不同環境的砂石在風吹時沙量變化及空氣中懸浮微粒的關係

實驗三的結果因為風洞會降低風速，雖然風速較穩定，但不符合實驗需求，所以我們不用風洞，利用攝影方式，錄下 5 分鐘空氣品質的變化，從中選擇汙染最嚴重的數值來比較，結果如下:

表 4-1:舊鐵橋下，四個樣區的砂石在風吹時沙量變化及空氣中懸浮微粒的增加量

| 風速(4m/sec) | 剩沙(g)  | 吹走%     | PM2.5<br>增加量 | PM10<br>增加量 | AQI<br>增加量 |
|------------|--------|---------|--------------|-------------|------------|
| 近河道裸露地     | 9.3583 | 68.8056 | 91.8         | 140         | 69.4       |
| 遠離河道裸露地    | 26.842 | 10.5278 | 55           | 72.2        | 43.8       |
| 遠離河道有植被    | 26.458 | 24.4556 | 19.916667    | 25.5        | 20.75      |
| 種植西瓜區      | 29.21  | 2.62    | 41.17        | 53.17       | 45.83      |

表 4-2:舊鐵橋下，四個樣區的砂石在風吹時沙量變化及空氣中懸浮微粒的增加量的比較圖



### 【結果與討論】

1. 由圖 4-1 和表 4-1 發現近河道區，被風吹走的沙子最多，造成空氣中懸浮微粒的增加量也最多，在實驗二中我們也發現近河道區，細小微粒子佔的比例最高，推測這些微粒可能就是造成空氣中懸浮微粒增加的可能因素。
2. 遠離河道裸露地，懸浮微粒的增加量平均第二，種植西瓜區第三，遠離河道有植被區，雖然沙子被吹走很多，但是造成空氣中懸浮微粒的增加量並不多可見有植被區可以有效地減少空氣中懸浮微粒的數量。

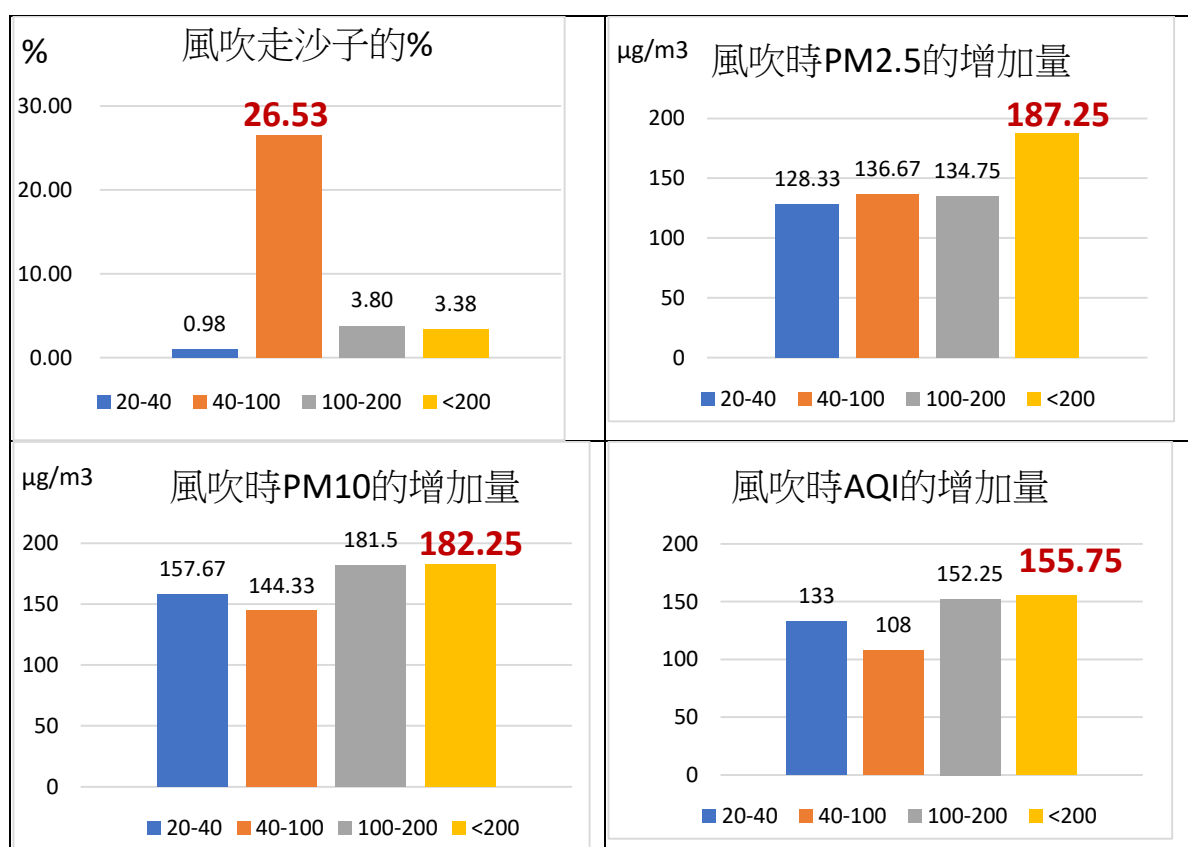
## 實驗五:探討風吹時砂石顆粒的大小和沙量變化及空氣中懸浮微粒的關係

由實驗二和四發現舊鐵橋下，四個樣區的砂石顆粒組成不同，在風吹時，揚塵量和懸浮微粒的增加量並不一致，因此我們想了解到底哪種顆粒大小造成的懸浮微粒的增加量較多，結果如下:

表 5-1:四種不同顆粒大小砂石在風吹時沙量變化及空氣中懸浮微粒的增加量的比較

| 砂石顆粒大小                            | 20-40 目<br>0.9~0.45mm | 40-100 目<br>0.45~0.15mm | 100-200 目<br>0.15~0.075mm | <200 目<br>0.075mm |
|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|
| 吹走%                               | 0.98                  | 26.53                   | 3.80                      | 3.38              |
| PM2.5( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | 128.33                | 136.67                  | 134.75                    | 187.25            |
| PM10( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )  | 157.67                | 144.33                  | 181.5                     | 182.25            |
| AQI                               | 133                   | 108                     | 152.25                    | 155.75            |

表 5-2:四種不同顆粒大小砂石在風吹時沙量變化及空氣中懸浮微粒的增加量的比較圖



## 【結果與討論】

1. 由表 5-1 和表 5-2 發現哪種顆粒大小最容易增加空氣中懸浮微粒？由表 5-1 和 5-2 發現最小的微粒造成細懸浮微粒增加的量真的最多，其他三種顆粒大小則差異不大。
2. 粒徑 0.45~0.15mm 的沙粒最容易被吹走，但造成的細懸浮微粒增加的量卻比較少，這好像有植被區，0.45~0.15mm 的沙粒比例很高，造成的細懸浮微粒增加的量也不是很多。

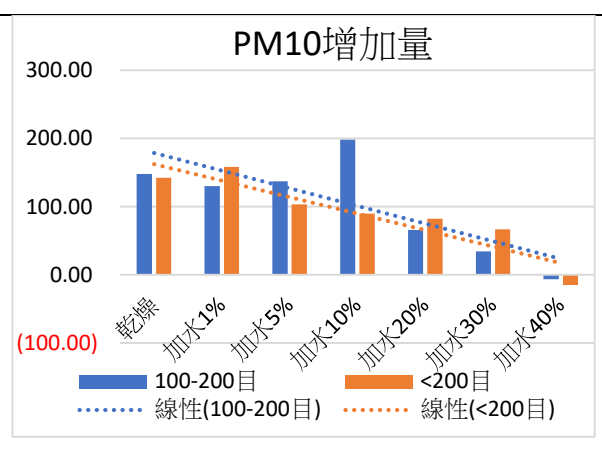
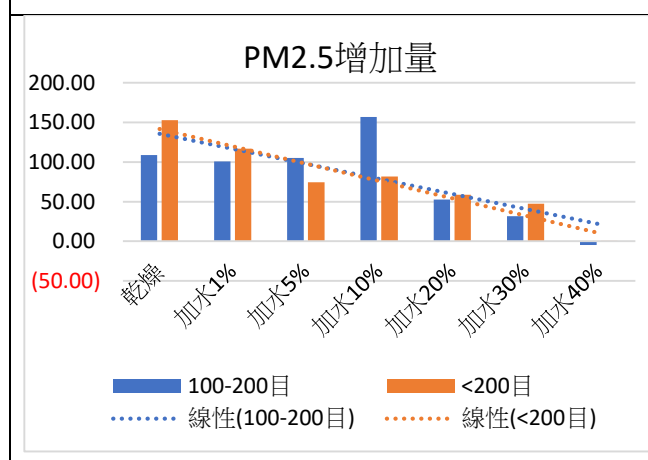
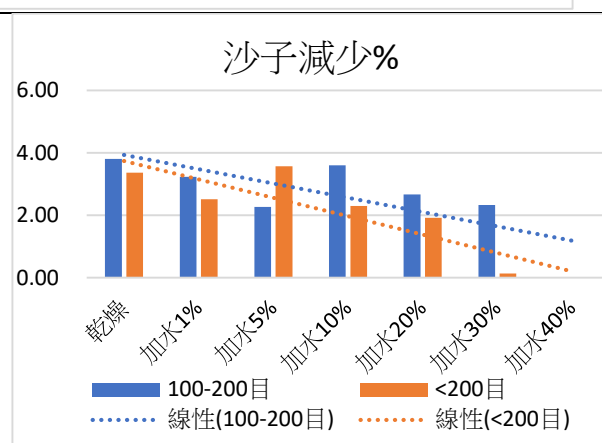
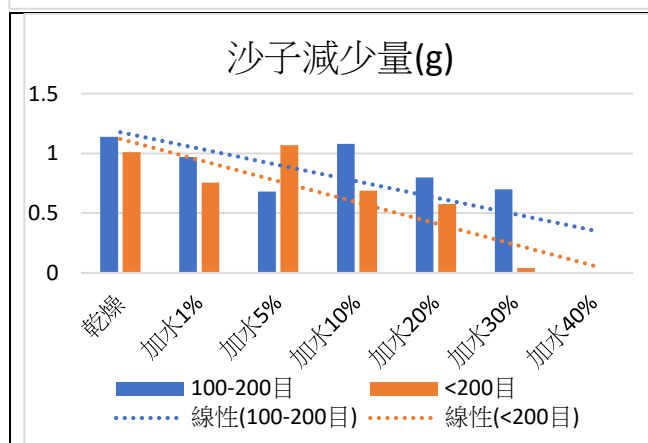
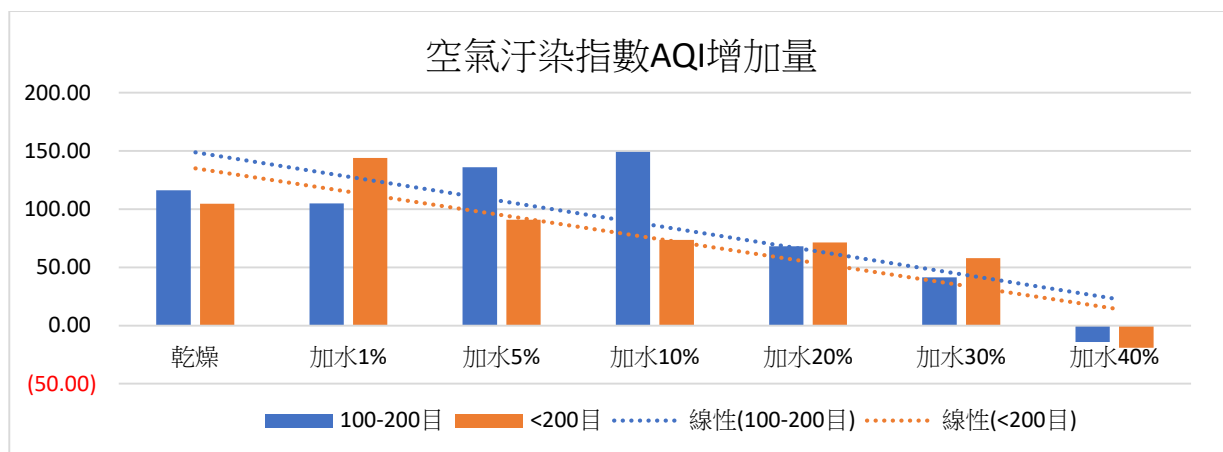
### 實驗六:探討風吹時砂石含水量和沙量變化及空氣中懸浮微粒的關係

採集中發現四個樣區含水量不同，我們選 2 種顆粒較小造成空氣懸浮微粒增加較多的沙石來做這個實驗。砂石含水量和風吹時沙量變化及空氣中懸浮微粒增加量有甚麼關係呢？我們實驗結果如下：

表 6-1: 兩種較小的砂石在風吹時其含水量和沙量變化及空氣中懸浮微粒的關係

| 顆粒大小     | 100-200 目(0.15~0.075mm) |       |           |          |         | <200 目(0.075mm) |       |           |          |         |
|----------|-------------------------|-------|-----------|----------|---------|-----------------|-------|-----------|----------|---------|
| 風吹 5 分鐘後 | 沙子減少量(g)                | 沙子減少% | PM2.5 增加量 | PM10 增加量 | AQI 增加量 | 沙子減少量(g)        | 沙子減少% | PM2.5 增加量 | PM10 增加量 | AQI 增加量 |
| 原來乾燥     | 1.14                    | 3.80  | 108.75    | 147.83   | 116.25  | 1.01            | 3.37  | 152.58    | 142.58   | 104.75  |
| 加水 1%    | 0.97                    | 3.23  | 100.67    | 130.00   | 105.00  | 0.755           | 2.52  | 116.83    | 158.33   | 144.00  |
| 加水 5%    | 0.68                    | 2.27  | 105.00    | 137.33   | 136.00  | 1.07            | 3.57  | 74.33     | 103.33   | 91.00   |
| 加水 10%   | 1.08                    | 3.60  | 156.67    | 198.33   | 149.33  | 0.69            | 2.30  | 81.83     | 89.83    | 73.50   |
| 加水 20%   | 0.8                     | 2.67  | 52.50     | 65.83    | 68.00   | 0.575           | 1.92  | 58.83     | 82.33    | 71.50   |
| 加水 30%   | 0.7                     | 2.33  | 31.67     | 34.33    | 41.33   | 0.04            | 0.13  | 47.33     | 66.83    | 58.00   |
| 加水 40%   | 0                       | 0.00  | -4.50     | -6.17    | -14.00  | 0               | 0.00  | 0.33      | -14.67   | -19.00  |

表 6-2: 兩種較小的砂石在風吹時其含水量和沙量變化及空氣中懸浮微粒的比較圖



## 【結果與討論】

1. 由表 6-1 和表 6-1 發現加水量越多沙子減少的%就越少，PM2.5 和 PM10 的增加量也會減少，小於 0.075mm 較明顯，加水 1%就能有效減少 PM2.5 和 PM10 的增加量。
2. 100~200 目的砂粒，加水 10%沒有有效減少懸浮微粒的增加量，有可能是實驗的誤差，若有時間，應該要重做。

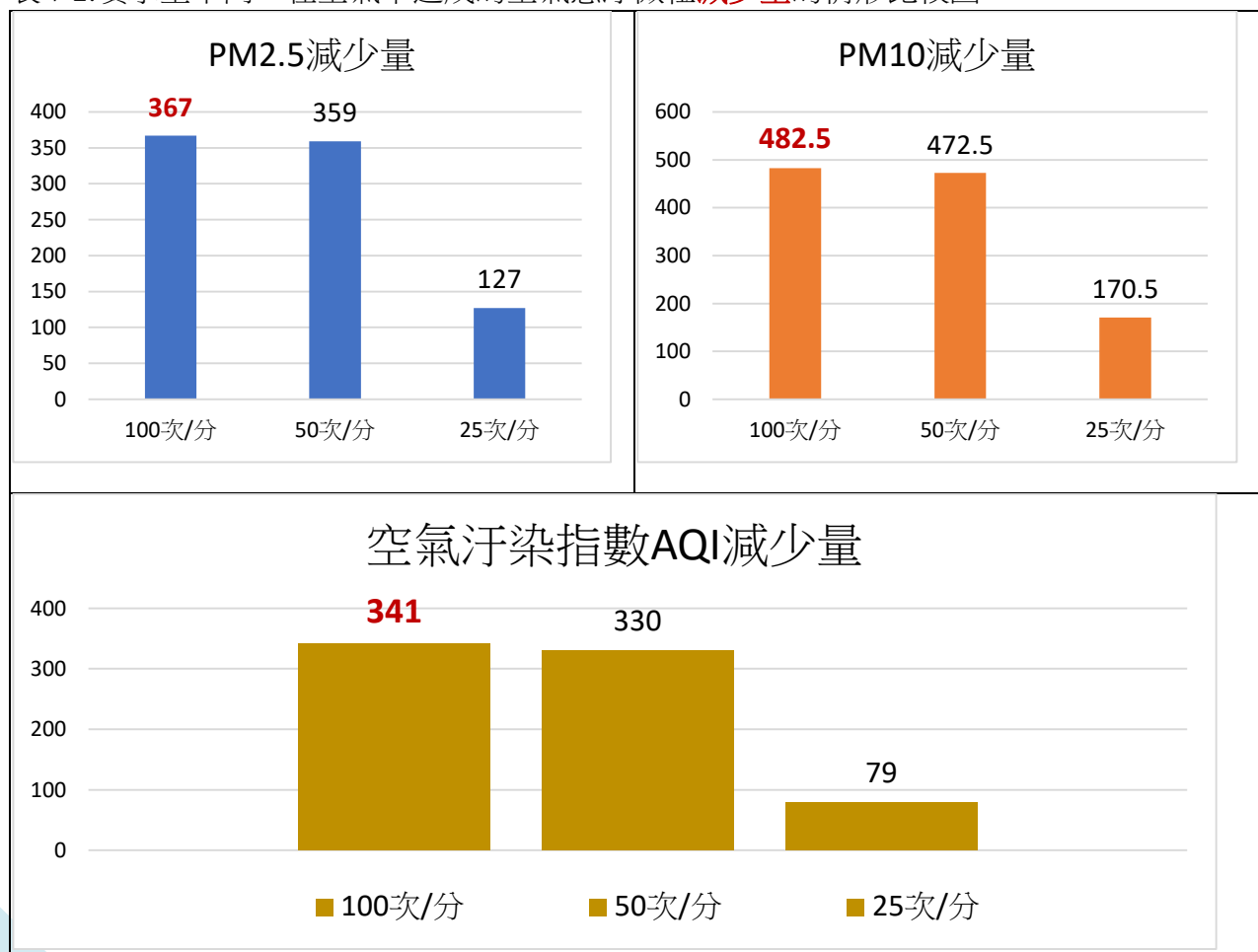
## 實驗七:探討噴霧對減少揚塵及空氣中懸浮微粒的影響

砂石的含水量越多，揚塵及造成的空氣懸浮微粒增加量越少，然而空氣中的濕度是否也可以減少揚塵呢?我們的實驗結果如下:

表 7-1:噴水量不同，在空氣中造成的空氣懸浮微粒減少量的情形比較

| 噴水次數    | PM2.5 減少量 | PM10 減少量 | AQI 減少量 |
|---------|-----------|----------|---------|
| 原始空氣    | 23        | 30       | 109     |
| 100 次/分 | 367       | 482.5    | 341     |
| 50 次/分  | 359       | 472.5    | 330     |
| 25 次/分  | 127       | 170.5    | 79      |
| 0 次/分   | 455       | 597.5    | 456     |

表 7-2:噴水量不同，在空氣中造成的空氣懸浮微粒減少量的情形比較圖



## 【結果與討論】

1. 由表 7-1 和 7-2 中發現 1 分鐘噴水的次數越多，減少空氣中懸浮微粒的效果就越好，但是這種減少的效果在 1 分鐘 50 下的時候就已經跟 1 分鐘 100 次差不多了，所以如果要減少空氣中懸浮微粒的數量應該不需要噴到 1 分鐘 100 次，噴 50 次即可。
2. 噴水減少空氣中懸浮微粒的效果真的很好，就像空氣中濕度高時，及使用風扇吹沙子，懸浮微粒的數量仍然增加很少很少。

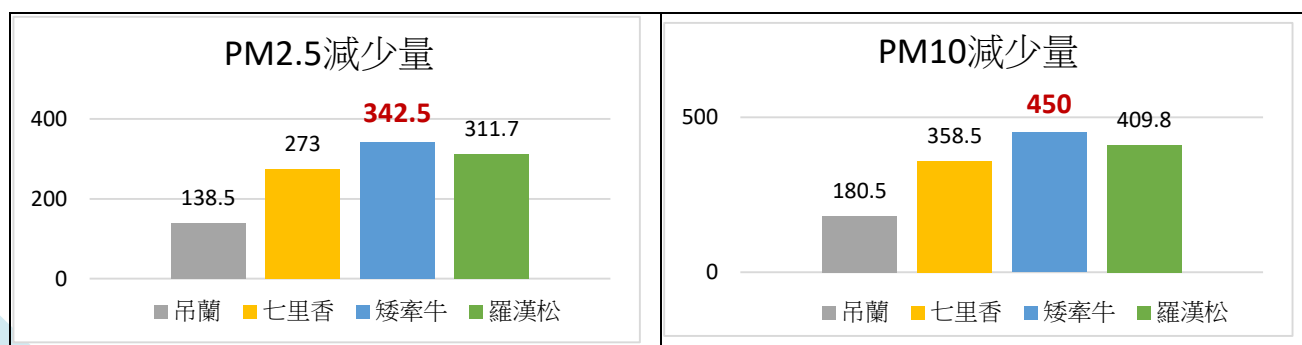
## 實驗八:探討植物對減少揚塵及空氣中懸浮微粒的影響

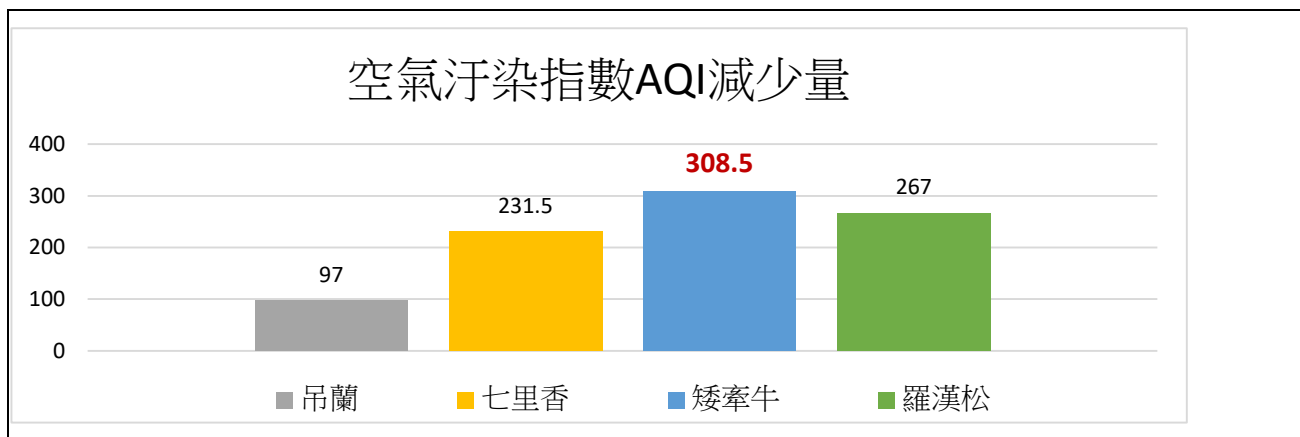
當我們去採土石，發現植被可以保水、根可以抓住沙子、葉子可以擋住沙子被風吹走。在植被密集的河岸，揚塵情形很少見，那植物對減少揚塵及空氣中懸浮微粒的增加量效果又如何呢?以下是我們的實驗結果:

表 8-1:植物種類不同，在空氣中造成的空氣懸浮微粒減少量的情形比較

| 植物     | PM2.5 | PM10  | AQI   |
|--------|-------|-------|-------|
| 原始空氣   | 23    | 30    | 109   |
| 風沙沒有植物 | 455   | 597.5 | 456   |
| 吊蘭     | 138.5 | 180.5 | 97    |
| 七里香    | 273   | 358.5 | 231.5 |
| 矮牽牛    | 342.5 | 450   | 308.5 |
| 羅漢松    | 311.7 | 409.8 | 267   |

表 8-2:植物種類不同，在空氣中造成的空氣懸浮微粒減少量的情形比較





### 【結果與討論】

1. 由表 8-1 和 8-2 中發現四種植物中以矮牽牛減少空氣中懸浮微粒的效果最好，羅漢松次之，七里香第三，吊蘭效果最差。
2. 矮牽牛的植株比較密集，而且有毛，羅漢松的葉子也很密，七里香和吊蘭的葉子長得比較疏鬆。是不是葉子的緊密程度在減少空氣中懸浮微粒的效果最好？有待進一步的實驗來證實。
3. 或許只要有障礙物就能減少空氣中的懸浮微粒，但植栽可以美化環境，還能減少空氣中 CO<sub>2</sub> 的量，功能上比其他障礙物還多喔！
4. 實驗七噴水減少空氣中的懸浮微粒也很好，如果配合植栽，那空氣品質一定更好！

## 伍、結論

- 一、4月屏東地區常爆發沙塵暴事件，這期間正好是東亞沙塵暴的好發季節(每年11月至隔年5月)，隨著大陸冷高壓帶來的東北季風，沙塵有機會傳送到台灣，影響空氣品質。如果持續乾旱，沒有颱風帶來雨水，7月吹西南風時，也容易產生沙塵暴。
- 二、近河道裸露地和遠離河道裸露地的砂粒一半以上都是粒徑小於0.075mm的細顆粒；有植被區雖然也是細砂粒較多，但比例只剩下三分之一；種植西瓜區大顆粒的比例比較多，如果細小的顆粒是造懸浮微粒的主要組成，那這四個樣區，在風吹時都會產生，懸浮微粒，影響空氣品質。
- 三、四個樣區的含水量以近河岸區最高，下過雨後尤其明顯，經過曝曬，各區的含水量迅速下降，植被區因植物的保水效應，使其含水量穩居第二。西瓜田區空曠，水分易蒸發，表層沙土含水量和遠灘裸露地相似，是屬於乾燥沙塵易飛揚區域。
- 四、在1月的實地觀察中發現即使是微風，在1~4週後，遠灘裸露區沙粒吹走近2公分高，遠灘植被區，雖然受植物的保護，沙粒仍被吹走1.1公分，這些砂粒在風較強時將可能吹入市區，造成市區的空氣品質變差，影響大家的健康，能見度低，影響交通安全，吹入校園、家裡造成環境的髒汙。

- 五、近河道區，被風吹走的沙子最多，造成空氣中懸浮微粒的增加量也最多，在實驗中發現近河道區，細小微粒力佔的比例最高，推測這些微粒可能就是造成空氣中懸浮微粒增加的可能因素。
- 六、遠離河道裸露地，懸浮微粒的增加量平均第二，種植西瓜區第三，遠離河道有植被區，造成空氣中懸浮微粒的增加量最少，可見有植被區可以有效地減少空氣中懸浮微粒的數量。
- 七、最小的微粒造成細懸浮微粒增加的量最多，其他三種顆粒大小則差異不大。
- 八、加水量越多沙子減少的%就越少，PM2.5 和 PM10 的增加量也會減少，小於 0.075mm 較明顯，加水 1%就能有效減少 PM2.5 和 PM10 的增加量。
- 九、1 分鐘噴水的次數越多，減少空氣中懸浮微粒的效果就越好，但是這種減少的效果在 1 分鐘 50 下的時候就已經跟 1 分鐘 100 次差不多了，所以如果要減少空氣中懸浮微粒的數量應該不需要噴到 1 分鐘 100 次，噴 50 次即可。
- 十、四種植物中以矮牽牛減少空氣中懸浮微粒的效果最好，羅漢松次之，七里香第三，吊蘭效果最差。
- 十一、或許只要有障礙物就能減少空氣中的懸浮微粒，但植栽可以美化環境，還能減少空氣中 CO<sub>2</sub> 的量，功能上比其他障礙物還多喔！

## 陸、參考文獻

### 一、風殺竹塹--新竹市沙塵暴的探討

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會/國中組 生物及地球科學科/新竹市立光武國民中學。

### 二、二岸塵情-濁水溪下游南北二岸西螺與溪州之落塵及 PM2.5 相關性研究分析

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會/國小組 地球科學科/彰化縣溪州鄉南州國民小學。

### 三、環境部/屏東懸浮微粒來源 / 環境部新聞專區/

<https://enews.moe.gov.tw/page/3b3c62c78849f32f/c338f72c-a199-4c8f-bb93-6364af0cf1c3>

### 四、中央氣象署氣候觀測資料查詢服務/<https://codis.cwa.gov.tw/StationData>

### 五、高屏溪"沙"很大/中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會/國小組 /地球科學科/

高雄市三民區莊敬國民小學。