

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 地球科學科

最佳團隊合作獎

080502

砂飛土跳--雨水沖刷砂土之模擬實驗研究

學校名稱：屏東縣屏東市忠孝國民小學

作者：	指導老師：
小六 鄒芸甄	邱易斌
小六 涂庭瑄	唐慧娟
小六 許譯心	
小六 邱柏鈞	
小六 劉心溥	
小六 莊喬安	

關鍵詞：砂土、滲水量、水土保持

摘要

自然課上到大地的奧秘時，了解雨水會沖刷地表，到底影響程度如何呢？於是我們採集河流中游和下游砂土進行相關研究，結果得知：

- 一、河流中游三地門砂土顆粒比下游高屏橋下的顆粒大、較粗糙，形狀多是橢圓、稍有稜角。
- 二、下游高屏橋下砂土顆粒小，降雨後砂土彈跳數量及高度都遠高於中游砂土，滲入砂土中的水量則少於中游砂土，下游砂土滲入的水比較混濁。
- 三、模擬連續降雨及間接降雨實驗得知：剛降雨時，砂土乾燥，降下的雨水被砂土吸收，等砂土都濕潤，接下來的降雨就快速的往下滲入，滲水量變多。
- 四、模擬修剪植物枝葉的實驗得知：降雨後保留枝葉植物組滲入砂土中的水量多，砂土彈跳數量及高度則少於修剪枝葉的植物組，達到有效水土保持的作用。

壹、研究動機

上學期自然課上到大地的奧秘時，我們知道雨水是改變地貌的重要影響因素，下雨過後，雨水將沖刷的砂土帶往河流，河水就變得很混濁。到底雨水如何沖刷土砂土的？雨水降在不同顆粒大小的砂土上結果會不一樣嗎？於是我們就請老師指導，展開了關於雨水沖刷砂土的實驗研究。

貳、研究目的

- 一、了解河流中游砂土與河流下游砂土的特性有何差異。
- 二、比較不同地點的砂土受降雨影響的彈跳高度變化情形。
- 三、比較不同地點的砂土受降雨影響的滲水量有何差異。
- 四、探討間歇降雨的時間長短是否影響兩個不同地點的砂土滲水量。
- 五、探討降雨在修剪後的植物上，植物底下砂土受影響的情形。

參、研究設備及器材

一、研究器材：(如圖 a~圖 h)

(一)盛裝砂土：置物籃、長方形水盆、塑膠花盆。

(二)澆水用具：澆水器、水管。

(三)其他：篩網、尺、圖釘、百格紙、量杯、量筒、星點木、碼表、計算機、桌子。

二、實驗材料：三地門河岸砂土、高屏橋下砂土。



圖 a 置物籃、水盆



圖 b 澆水器、水管

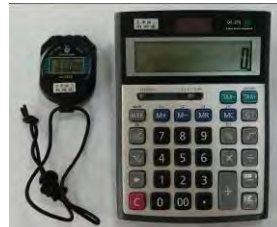


圖 c 碼表、計算機



圖 d 塑膠花盆



圖 e 鐵尺、粗篩網

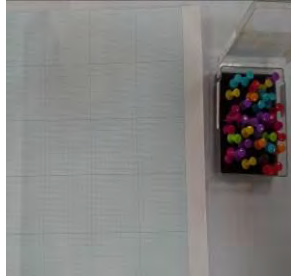


圖 f 圖釘、百格紙



圖 g 大燒杯、小量杯



圖 h 星點木植物

肆、研究方法、結果與討論

【研究問題一：河流中游和下游不同地點的砂土，有何不同特性？】

一、研究方法：

- (一)分別至高屏溪中游(三地門橋下河岸，如圖 1-1 之 1 號標註點或圖 1-2▲標註點)和下游(高屏橋下河岸，如圖 1-1 之 2 號標註點或圖 1-3▲標註點)採集砂石。
- (二)利用五官及顯微鏡觀察砂石特徵，並用相機接顯微鏡拍照。
- (三)記錄不同地點採集的砂土特徵，再進行比較分析。

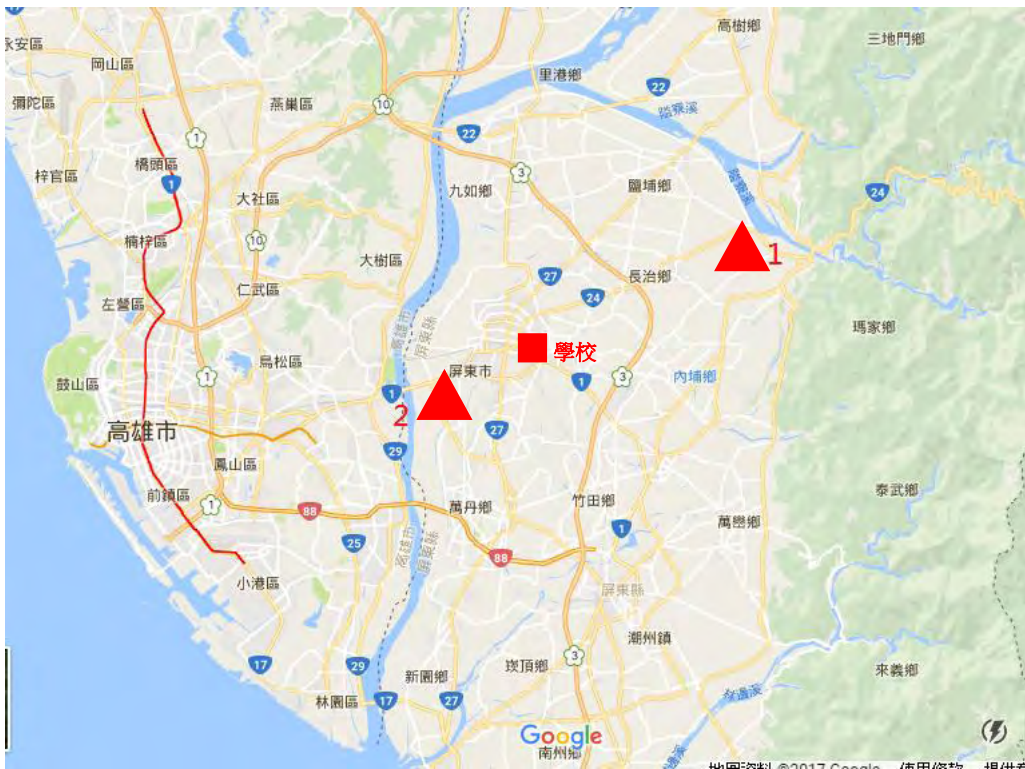


圖 1-1 高屏溪流域圖(屏東縣內)(圖片來源：Google 地圖)



圖 1-2 三地門橋下河岸採砂點

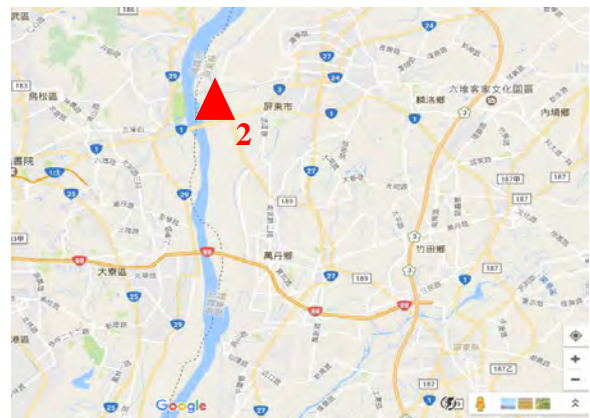
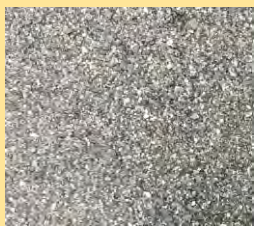



圖 1-3 高屏橋下河岸採砂點

二、研究結果：

我們將高屏溪中游(三地門橋下河岸)和下游(高屏橋下河岸)採集到的砂土進行觀察比較，整理如下表 1-1：

表 1-1 不同地點砂土的特性觀察記錄表

特徵地點	重量	直接拍照	顏色	顆粒粗細	其它
中游 三地門 橋下河 岸	1390 公克 / 1000cm ³		用眼睛觀察，顏色比較深黑，有淺灰、深灰、黃、透明、白色 (透明、白色的成份是石英)	顆粒較大，形狀多成長橢圓形，且有稜有角	摸起來比較粗糙
下游 高屏橋 下河岸	1380 公克 / 1000cm ³		用眼睛觀察，顏色比較淺淡，有淺灰、深灰、黃、透明、白色 (透明、白色的成份是石英)	顆粒較小，形狀較接近圓形，稜角較少	摸起來較細緻，還有一些泥粉的觸感

利用顯微鏡放大 60 倍接手機照相機，拍照結果如圖 1-4、1-5：

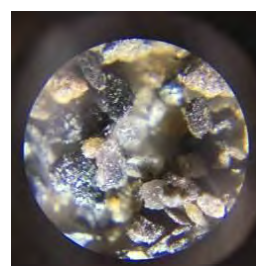
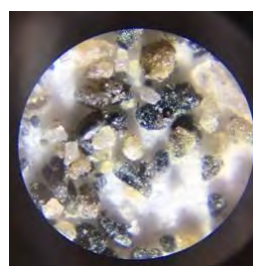
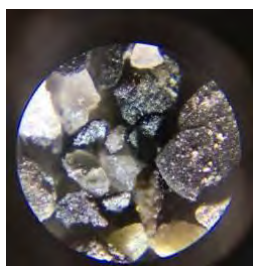


圖 1-4 中游三地門橋下的砂

圖 1-5 下游高屏橋下的砂

三、結果討論：

- (一)高屏溪中游(三地門橋下河岸)和下游(高屏橋下河岸)的砂子，裝在 1000 cm³的容器中重量分別為 1390 克、1380 克，重量差不多。
- (二)中游三地門橋下河岸的砂土顆粒比高屏橋下的砂土顆粒還要大，摸起來比下游砂土粗糙。從顯微鏡裡看兩地點的砂子顆粒形狀，原以為砂子應該都是接近圓形的，沒想到中游的砂子比較長一些，而且稜角比較多，難怪摸起來會有較粗糙的感覺。而下游的砂子顆粒較細圓，又有一些已經變成更細的土，所以摸起來會有土粉的觸感。
- (三)中游、下游兩個採集地點的砂子的顏色變化幾乎相同，因為都是來自高屏溪上游的岩石，經過河水侵蝕作用順流而下才變成細小的砂石，所以成分都是一樣的。其中灰色的砂子應該是砂岩，而黃色、白色的砂子顆粒成份是石英，透過顯微鏡還可以看到透明的石英砂子顆粒。

【研究問題二：河流中游和下游的砂土，受降雨影響後彈起的情形有何差別？】

一、實驗設計想法與試做：

(一)實驗測試操作：

1. **參考與改變**：參閱全國科展第 42 屆作品「彈跳的砂」，知道他們是用 250 克的砂土、100c.c 的水量進行實驗，我們覺得這樣的量太少了，決定增加砂土量及模擬降雨量。而彈跳起來的砂土，他們是用八開圖畫紙圈成圓形套在裝土的花盆上承接的，經過討論，我們決定搭配我們裝砂土的長方形容器改為一個立面承接，圖畫紙則改為百格紙--上面就有很細的格子可以直接讀出彈起的砂子高度，更能避免測量的誤差。
2. **裝填砂土**：先將置物籃(用來裝砂)和長方形水盆(承接滲水用)用膠帶黏在一起(圖 2-1)，讓砂土或降雨不會直接流進水盆裡。接著，在有網格洞洞的置物籃內先鋪上一層蒸籠紗布，以避免砂子和滲水一起流入水盆。將中游三地門橋下砂土、下游高屏橋下砂土分別裝入置物籃內，直到置物籃全滿為止並用塑膠尺將表面刮平(圖 2-2)。
3. **模擬降雨裝置**：將澆水器固定在室外的樹幹上，離地面 180 公分高，並以水管相連接，調整澆水器水柱的噴水方向，以確保降雨能落在裝砂容器上(圖 2-3)，以 1 分鐘水流約 4000ml 的水量往裝砂容器噴灑。
4. 把百格紙用膠帶貼在長方形水盆底部上(圖 2-4)。
5. **實驗操作**：一個人負責轉開水龍頭，一個人負責拿相機拍照記錄，一個人負責拿碼表計時，模擬降雨時間為 30 秒，時間一到立刻關水，其餘的人做實驗觀察(圖 2-5)。
6. **觀察並記錄**彈在百格紙上的沙子高度及數量：用鐵尺挖開裝砂容器中的砂土，測量下方沒有濕掉的砂土有幾公分(圖 2-6)，觀察滲水情形，並拍照紀錄。



圖 2-1 黏貼置物籃與水盆



圖 2-2 用塑膠尺將砂土刮平

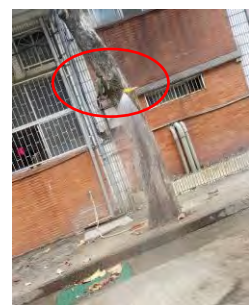


圖 2-3 固定澆水器



圖 2-4 準備百格紙

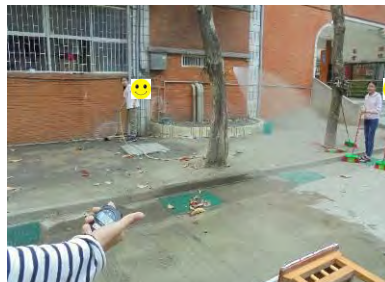


圖 2-5 操作測試



圖 2-6 挖開中間的砂土

(二)測試發現問題，並加以調整：

1. 因為這項實驗會弄得到處都是砂土，水也會流得到處都是，所以就選擇接水方便的校園水泥路上進行實驗。實際操作之後發現：因為室外操作，模擬雨水的澆花器噴出的水會受風力影響而改變位置，無法完全降落在砂土容器上。為了避免風的影響，決定正式實驗操作地點調整到室內--教師辦公室的男生廁所。
2. 試作實驗把百格紙貼在塑膠盆底面，也因為風的關係搖擺無法固定，所以，改將百格紙用圖釘固定在課桌椅的桌面上，再將桌子放倒，讓百格紙面立於砂土容器的長邊外側。

二、研究方法：

- (一)將實驗地點改在男生廁所，將澆花器固定在廁所門框上並以水管相連接(圖 2-7)；百格紙上方先分別標示三地門橋下 1~3、高屏橋下 1~3，再依實驗次序固定於課桌上(圖 2-8)，同前面試作的實驗過程進行實驗，模擬降雨時間均為 30 秒。
- (二)中游三地門砂土和下游高屏橋下砂土兩種砂土都各做三次，觀察記錄彈跳起來的砂點高度及數量。
- (三)砂土和蒸籠布使用完後都會曬乾再利用，作為進行下一個實驗時使用(圖 2-9)。



圖 2-7 實驗操作



圖 2-8 百格紙砂土彈跳情形



圖 2-9 砂土曬乾

三、研究結果：

(一)兩個地點的砂土受到模擬降雨後彈到百格紙上的情形，如圖 2-10~圖 2-13。

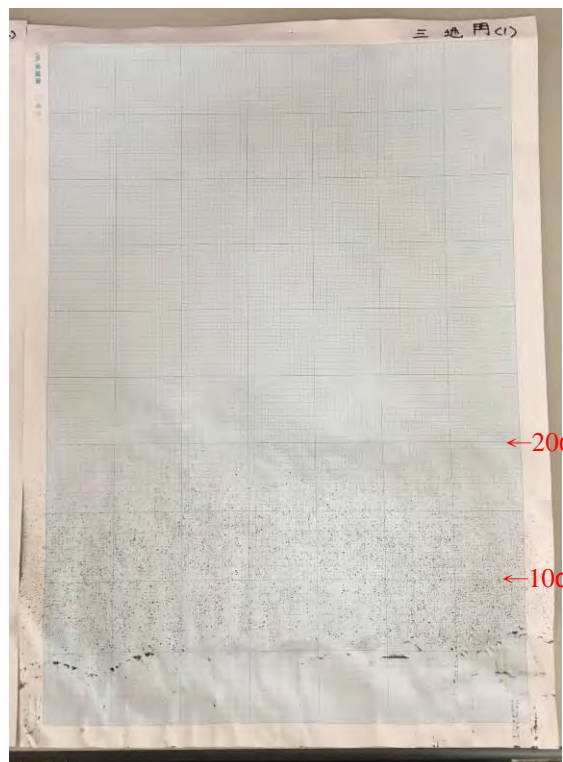


圖 2-10 中游三地門橋下砂土彈起結果 1

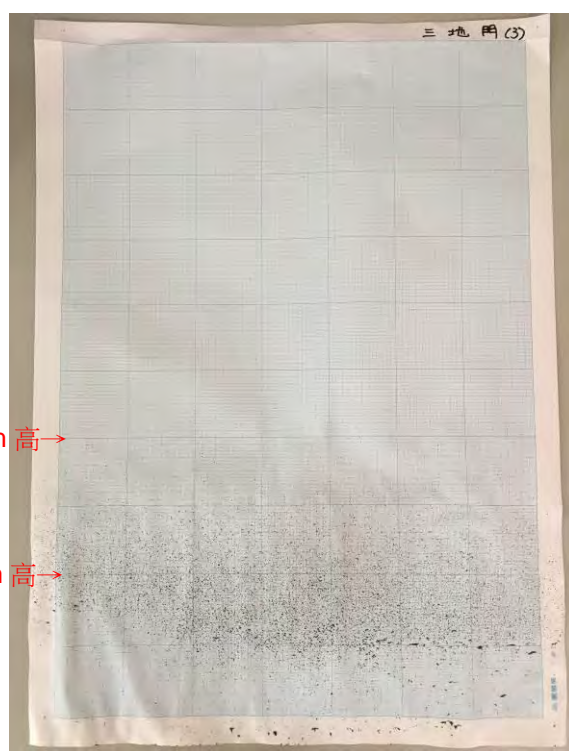


圖 2-11 中游三地門橋下砂土彈起結果 2

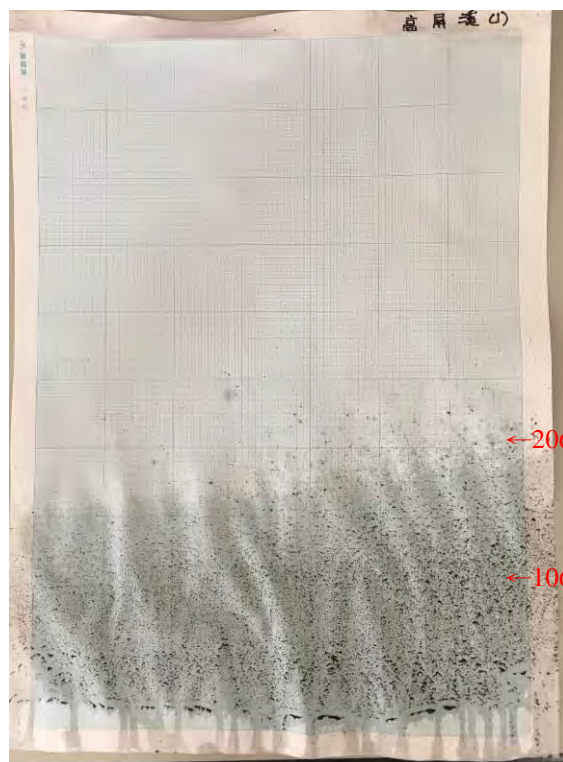


圖 2-12 下游高屏橋下砂土彈起結果 1

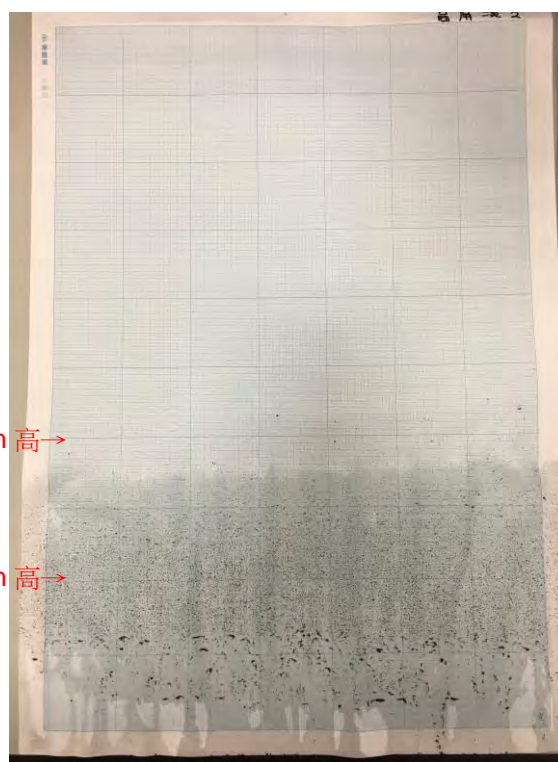


圖 2-13 下游高屏橋下砂土彈起結果 2

(二)兩個地點的砂土受到模擬降雨後彈到百格紙上的情形，經過仔細觀察點數後，重要結果整理如表 2-1。

表 2-1 兩地點砂土受降雨後彈起砂土情形比較

砂子來源	砂點集中區域	高於 30 公分	最高位置
中游三地門橋下	15 公分以下，數量明顯少於下游的彈起砂土數量	有 8 點	37 公分
下游高屏橋下	20 公分以下，數量密集	有 34 點	51.5 公分

(三)在模擬降雨 30 秒之後，停水等待 1 分鐘讓水滲入兩個不同地點的砂土中。之後，將砂土與下方承接滲水的水盆分開測量滲水量，結果發現水盆裡面沒有水。接著，再將砂土挖開，測量結果整理如表 2-2

表 2-2 兩地點砂土受降雨後滲水情形比較

砂子來源	裝填砂子厚度	滲水深度	底部乾燥砂土厚度
中游三地門橋下	10 公分	6~6.5 公分	3.5~4 公分
下游高屏橋下	10 公分	5 公分	5 公分

四、結果討論：

(一)兩地點的砂土受模擬降雨之後，**砂土彈跳的數量結果比較**：下游高屏橋下砂土 > 中游三地門橋下砂土；砂土彈跳高於 30 公分的數量及最高點也是下游高屏橋下砂土高於中游三地門橋下砂土。如右圖 2-14，將兩組實驗結果擺在一起照相做比較，更明顯呈現兩者之間的差異。

(二)從研究一觀察得知下游高屏橋下的砂土顆粒比中游三地門橋下的砂土顆粒還要小，所以比較容易被雨水帶走，砂土彈起來的數量就會比中游的砂土還要多，高度也比較高。

(三)實驗結果也顯示出小小的砂土可以被雨水彈起達到 30 公分以上

，甚至到 51.5 公分，可見雨水沖刷表土的力量真的很強。生活中真正降雨的情形，有很多時候比我們模擬的降雨強度、降雨範圍還要大多了，那麼地表砂土被侵蝕及沖刷的影響就更嚴重了。

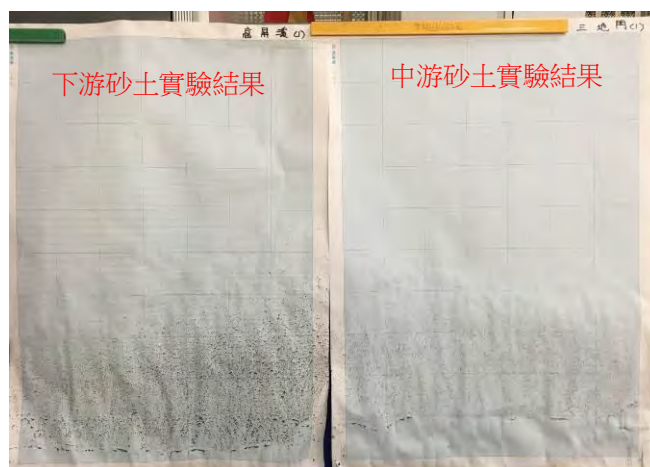


圖 2-14 兩地點砂土彈起結果比較

(四)澆水 30 秒，等待 1 分鐘時間結束後，原本要測量滲水高度：但是卻發現砂土中的水皆未滲漏至下方的水盆之中。所以我們挖開砂土，看看水到底滲入到什麼位置。兩者滲水深度的比較為：中游三地門橋下砂土 6~6.5 公分 > 下游高屏橋下砂土 5 公分。

(五)彈跳砂土高度恰好與滲水深度有反向的關係存在，亦即砂土彈跳越高，滲水深度比較少(淺)，下游高屏橋下砂土彈跳數量比較多，則滲水深度就比較少。

【研究問題三：河流中游和下游的砂土，受降雨影響後滲水量有何差別？】

一、研究方法：

(一)我們的想法：原本我們想利用研究問題二的方法所得到的結果，一併討論砂土滲水量的情形。但是卻發現模擬降雨 30 秒的時間，雨水根本就沒有滲入到砂土的最下層。雖然，我們透過挖開砂土測量水滲入到砂土中的深度，獲得初步的結論，但是，我們還是決定再進一步增加降雨時間觀察滲水量的變化。

(二)同研究問題二的研究設計及步驟進行實驗，唯一不同的是**增加降雨時間**。

(三)布置好中游的砂土兩盆、下游砂土兩盆(圖 3-1)，輪流接受模擬降雨，**每盆降雨時間為 1 分鐘，時間一到立刻關水，關水後再等待 30 分鐘(圖 3-2)**，30 分鐘後小心的將裝砂容器及下方長方形接水容器分開(圖 3-3、3-4)。將接水容器內經由砂土滲入的雨水倒入量杯(圖 3-5)，測量滲水量。

(四)同上述(三)的步驟，**降雨時間改為 2 分鐘**，時間一到立刻關水，關水後也是等待 30 分鐘，再測量滲水量。

(五)觀察並紀錄實驗結果，再進行比較分析(圖 3-6)。



圖 3-1 裝好砂土準備實驗



圖 3-2 降雨後靜置 30 分鐘



圖 3-3 將紗布和土一起移除



圖 3-4 滲入到接水盆裡的水



圖 3-5 倒入量杯測量水量



圖 3-6 進行觀察比較

二、研究結果：

(一)我們將中游三地門橋下砂土和下游高屏橋下砂土的滲水量整理如下表 3-1、圖 3-7：

表 3-1 不同降雨時間、不同地點砂土的滲水量記錄表 (單位 ml)

組別 滲水量 時間	中游三地門橋下砂土			下游高屏橋下砂土		
	第 1 次	第 2 次	合計	第 1 次	第 2 次	合計
60 秒降雨、 靜置 30 分鐘	600	1000	1600	590	520	1110
120 秒降雨、 靜置 30 分鐘	2600	2000	4600	1450	1000	2450
其他發現	滲入的水比較乾淨			滲入的水比較混濁		

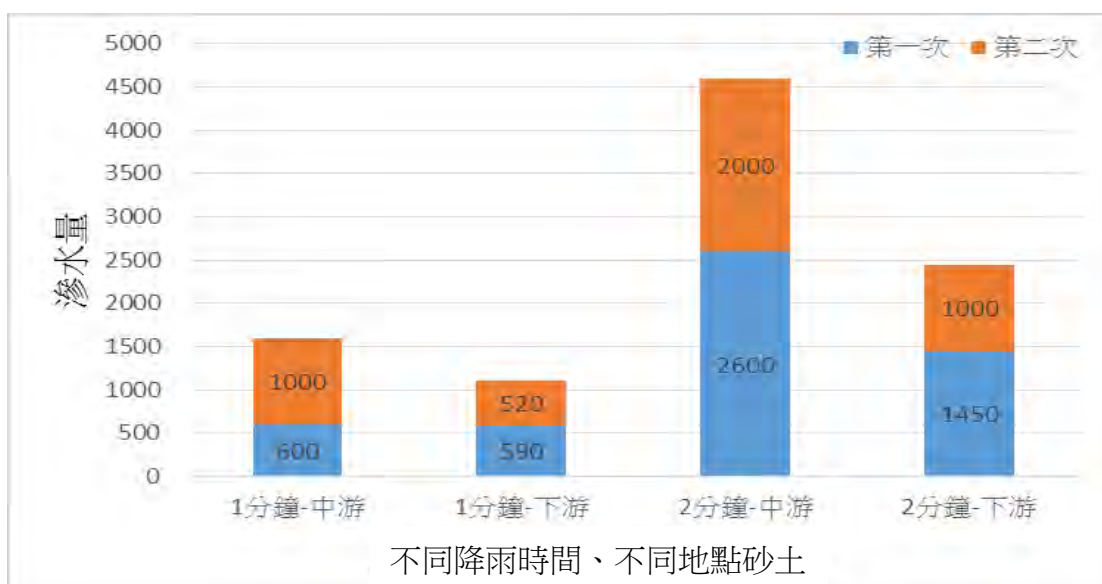


圖 3-7 不同降雨時間、不同地點砂土的滲水量統計圖(單位 ml)

(二)滲水量測量結果部分相片整理如圖 3-8~3-10。

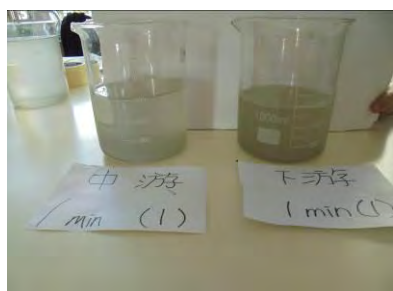


圖 3-8 降雨 1 分鐘，靜置 30 分鐘後經過中游、下游砂土滲出的水量

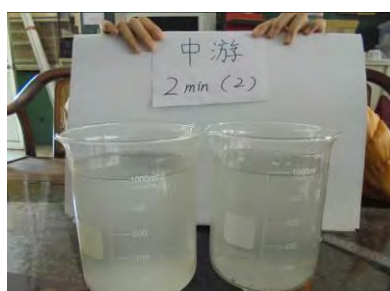


圖 3-9 降雨 2 分鐘，靜置 30 分鐘後經過中游砂土滲出的水量

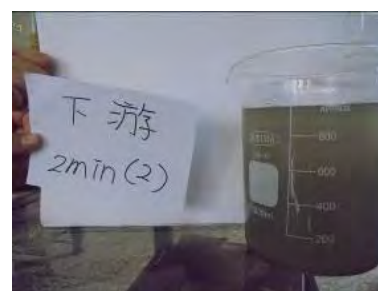


圖 3-10 降雨 2 分鐘，靜置 30 分鐘後經過下游砂土滲出的水量

三、結果討論：

- (一)以不同地點砂土作比較：無論是一分鐘降雨或是兩分鐘降雨，各兩次加起來的滲水總合，中游三地門橋下砂土(1600ml、4600 ml)均大於下游高屏橋下砂土(1100ml、2450 ml)。
- (二)以降雨時間作比較：無論是中游或下游的砂土，降雨兩分鐘的滲水量均多於降雨一分鐘的，而且滲水量比降雨一分鐘的多出許多—中游兩分鐘降雨之滲水量為 4600 ml，比一分鐘降雨的 1600ml 多出 3000 ml。下游兩分鐘降雨之滲水量為 2450 ml，比一分鐘降雨的 1110ml 多出 1350 ml，由此可以看出剛降雨的時候，因為砂土乾燥，所以降下來的雨會被砂土先吸收，等到砂土已經都濕潤無法再吸水了，接下來的降雨就快速的往下滲入了。
- (三)跟研究二滲水深度的實驗結果一樣，我們認為砂土滲水量與砂土顆粒大小有關：中游三地門橋下砂土顆粒較大且多稜角，砂土與砂土之間的空隙比較大，比較容易讓雨水滲入。
- (四)滲水清濁度比較：從實驗結果中，我們也觀察到經由中游砂土往下滲的水比較乾淨、透明度較高，而經過下游的砂土往下滲的水則較混濁。這是因為下游的砂土顆粒較小甚至有些土粉，可以穿過我們墊在底下的紗布孔隙，就讓水變得混濁了。

【研究問題四：間歇降雨的時間長短對不同地點的砂土滲水的情形有何差別？】

一、研究方法：

- (一)我們的想法：現實生活中會有雨下下停停的情形，不知道這樣的降雨方式對滲水量有什麼影響，所以就想研究看看。
- (二)我們查了一下相關資料，科學上對於間歇降雨的名詞解釋是：降雨強度的變化似連續性降雨般緩和，但在過去 1 小時內，至少曾中斷過一次降雨時，稱為間歇性降雨(中央氣象局全球資訊網)。所以，我們決定將實驗設計為：降雨 30 秒後停 1 分鐘、再降雨 30 秒後停 1 分鐘、第三次降雨 60 秒停 1 分鐘後結束實驗。每次降雨停一分鐘後，馬上觀察滲水量並做紀錄。
- (三)這個研究必須要觀察在間歇降雨間的滲水量，就要用透明的接水容器才能看出每次的滲水情形，我們就想到了實驗用的玻璃燒杯。在自然教室找到了最大容量 2000 ml 的燒杯，配合燒杯將上面裝砂土的容器改為圓形的花盆，兩個容器接觸的地方用透明膠帶纏繞，防止水直接由燒杯口流進去，且為了方便畫記，在燒杯外貼封箱膠帶，裝置如圖 4-1、4-2。



圖 4-1 間歇降雨實驗裝置



圖 4-2 間歇降雨實驗裝置

(四)同前面研究問題三的實驗步驟，中游三地門橋下砂土和下游高屏橋下砂土都各做兩次實驗並紀錄。

(五)觀察並紀錄實驗結果，再進行比較分析。

二、研究結果：

(一)我們將中游三地門橋下砂土和下游高屏橋下砂土進行間歇降雨的滲水量紀錄，整理如下表 4-1：

表 4-1 不同地點砂土的間歇降雨滲水量記錄表 (單位 ml)

類別 滲水量 實驗處理	中游三地門橋下砂土		下游高屏橋下砂土	
	第 1 盆 (累計刻度)	第 2 盆 (累計刻度)	第 1 盆 (累計刻度)	第 2 盆 (累計刻度)
降雨 30 秒(停 1 分鐘)	0	0	0	0
再降雨 30 秒(停 1 分鐘)	0	0	0	0
第三次降雨 60 秒 (停 1 分鐘)	248	253	127	64

(二)由於第一次降雨 30 秒與第二次降雨 30 秒的兩種砂土滲水量都是 0，我們推測可能降雨時間太短，所以決定延長降雨時間，將實驗設計改為：降雨 60 秒後停 1 分鐘、再降雨 60 秒後停 1 分鐘、第三次降雨 120 秒停 1 分鐘後結束的實驗。每次降雨停一分鐘後，馬上觀察滲水量並做紀錄。我們將中游三地門橋下砂土和下游高屏橋下砂土進行間歇降雨的滲水量紀錄，整理如下表 4-2：

表 4-2 不同地點砂土的間歇降雨滲水量記錄表 (單位 ml)

類別 滲水量 實驗處理	中游三地門橋下砂土		下游高屏橋下砂土	
	第 1 盆 (累計刻度)	第 2 盆 (累計刻度)	第 1 盆 (累計刻度)	第 2 盆 (累計刻度)
降雨 60 秒(停 1 分鐘)	0	0	0	0
再降雨 60 秒(停 1 分鐘)	224	257	143	119
第三次降雨 120 秒 (停 1 分鐘)	824	797	738	771

(三)為了比較間歇降雨與連續降水的滲水量差異，我們另外進行了連續降雨 240 秒，停 1 分鐘的實驗，結果如表 4-3：

表 4-3 不同地點砂土的(參照連續降雨)滲水量的連續時間記錄表 (單位 ml)

類別 滲水量	中游三地門橋下砂土	下游高屏橋下砂土
實驗處理	(累計刻度)	(累計刻度)
降雨 240 秒(停 1 分鐘)	1150	1067

(四)實驗結果相片如圖 4-3~圖 4-6。

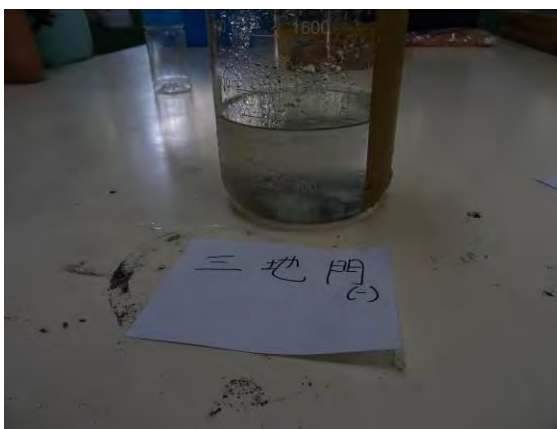


圖 4-3 第二次(第 1 組)間歇降雨實驗結果

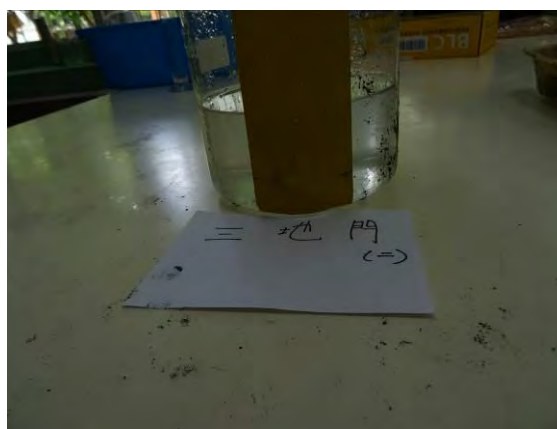


圖 4-4 第二次(第 1 組)間歇降雨實驗結果

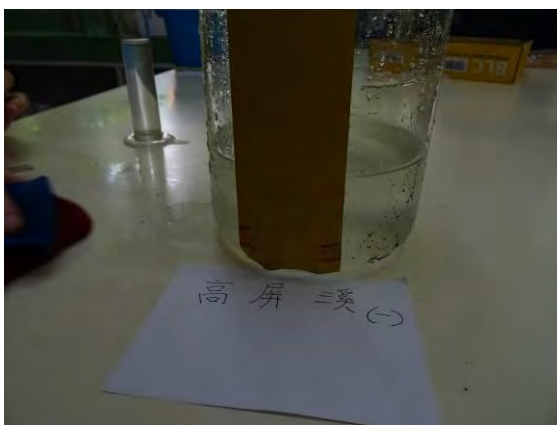


圖 4-5 第二次(第 2 組)間歇降雨實驗結果

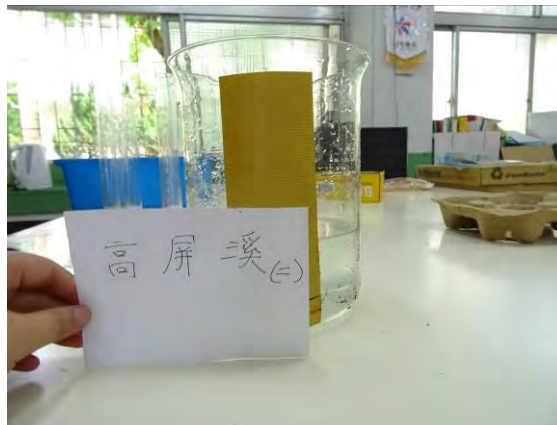


圖 4-6 第二次(第 2 組)間歇降雨實驗結果

三、結果討論：

- (一)由表 4-1，比較兩個不同地點的砂土，第 1 次 30 秒和第 2 次 30 秒的滲水量都為 0，第 3 次 60 秒滲水量一下子增加了 64~248ml。這和研究三連續降雨的情形很類似，也就是剛降雨的時候，因為砂土乾燥，所以降下來的雨會被砂土先吸收，等到砂土已經都濕潤無法再吸水了，接下來的降雨就快速的往下滲入了。
- (二)由表 4-2 得知，我們發現兩個不同地點的砂土，第 1 次 60 秒滲水量為 0，但第 2 次 60 秒的滲水量開始增加為 119~257 ml，到了第 3 次 120 秒累計滲水量比第 2 次 60 秒增加的滲水量更多，達到 540~652ml。
- (三)為了比較間歇降雨與連續降雨的不同，我們也進行了連續降雨 240 秒的滲水量實驗做為參照，而且由表 4-2 與表 4-3 中，比較累計相同時間、不同採砂地點的滲水量，結果發現與前面研究三的連續降雨滲水量結果一致，**中游三地門橋下砂土均大於下游高屏橋下砂土。**
- (四)由實驗結果發現中游三地門橋下砂土滲水的總量比下游高屏橋下砂土的多 77~134 ml，這個結果和前面研究二的結果一致。我們認為**砂土滲水量與砂土顆粒大小有關**：中游三地門橋下砂土顆粒較大且多稜角，砂土與砂土之間的空隙比較大，比較容易讓雨水滲入其中。

【研究問題五：降雨在修剪後的植物上，植物底下砂土受影響的情形如何？】

一、研究方法：

- (一)**我們的想法**：之前看很多的科展報告或是上課的實驗，都是進行有草及無草的實驗比較。前一陣子我們學校剛修剪了操場邊大榕樹的樹枝樹葉，修剪樹木枝葉是生活中常見的做法，如果剛修剪完的時候剛好下雨，這時候，樹木底下的砂土會受怎樣的影響呢？於是我們就進行這項實驗。
- (二)**購買植物盆栽**：因為園藝店賣的植物盆栽同一種植物有很多盆，而且在種的時候放的土質是一樣、土量也會差不多，植物也正常生長而非硬生生移植來做實驗的。我們到園藝店挑選適合的植物，最後挑選了 8 盆同品種、同高度的星點木植物。
- (三)**實驗處理**：將其中 4 盆星點木的葉子剪下形成無葉狀態；另 4 盆的葉子不修剪全數保留 (圖 5-1~5-3)。因為盆栽的土沒有全滿，不容易觀察到植物底下砂土實驗的情形，所以全部都用高屏溪橋下砂土將花盆填滿刮平，方便我們觀察紀錄。
- (四)同前面研究二的實驗步驟，用百格紙觀察砂土彈起的情形，這次並將彈起最高 30 個砂點高度進行紀錄再算平均；同研究四的方法，將花盆套在大燒杯上，並用膠帶把接縫貼好，模擬降雨計時 30 秒，30 秒一到立刻關水，關水後等待 1 分鐘測量滲水量。(圖 5-4~5-5)
- (五)觀察並紀錄實驗結果，再進行比較分析。



圖 5-1 有葉組-保留葉子



圖 5-2 實驗處理-修剪葉子



圖 5-3 無葉組-葉子全無



圖 5-4 有葉組進行實驗



圖 5-5 有葉組實驗之後的情形

二、研究結果：

(一)我們將有葉組與無葉組植物，受降雨影響後植物底下砂土彈跳與滲水量的紀錄，整理如表 5-1(詳細記錄見研究日誌)：

表 5-1 有葉與無葉植物，受降雨影響的砂土彈跳與滲水量之記錄表

無 葉 組	次別	第 1 盆	第 2 盆	第 3 盆	第 4 盆	平均值
	滲水量	22 ml	18 ml (混濁)	24 ml (混濁)	35 ml (混濁)	24.75 ml
	砂土 彈跳高度	14.63 cm	16.94 cm	9.86 cm	18.56 cm	15.00 cm
有 葉 組	次別	第 5 盆	第 6 盆	第 7 盆	第 8 盆	平均值
	滲水量	31 ml	25 ml	83 ml	75ml (混濁)	53.5 ml
	砂土 彈跳高度	5.83 cm	11.37 cm	5.86 cm	5.98 cm	7.26 cm

(二)受降雨影響後，植物底下砂土滲水量的實驗結果如圖 5-6、圖 5-7。



圖 5-6 四盆無葉組砂土的滲水量



圖 5-7 四盆有葉組砂土的滲水量

三、結果討論：

- (一)滲水量：從實驗紀錄可以看出有葉組的平均滲水量為 53.5 ml 比無葉組的平均滲水量 24.75 ml 還要多，超過兩倍以上。可見葉子保留完整的植物，雨水能順著枝葉和莖流至根部往土裡，因此增加了滲水量。
- (二)砂土彈起情形：從實驗紀錄可以看出無葉組底下的砂土的彈跳平均高度 15.00 公分比有葉組底下砂土彈跳平均高度 7.26 公分還要高，大約高出兩倍之多。當降雨的時候，無葉植物對於底下的砂土而言，無法提供遮蔽及緩衝，所以雨水直接沖刷砂土，砂土就會被雨水打得彈跳起來，飛濺到比較高的位置。
- (三)綜合以上分析：有葉組的植物，可以增加雨水滲入土中的滲水量，又能有效減少砂土彈起流失的情形，更能證明有葉植物對於水土保持作用非常有效。

伍、結論與建議

一、了解河流中游三地門橋下砂土與河流下游高屏橋下砂土的不同特性：

- (一) 中游三地門橋下砂土比下游高屏橋下砂土的顆粒還要大，且形狀多呈橢圓形、有稜角。
- (二) 下游高屏橋下砂土摸起來比較細，還有一些泥粉的觸感。
- (三) 中游、下游的砂子顏色幾乎相同，因為成分都是一樣的，包含砂岩及石英。

二、比較不同地點的砂土受降雨影響彈跳的變化情形：

- (一) 由於下游高屏橋下砂土顆粒比較細，所以該砂土的彈跳數量比中游三地門橋下砂土較多且密集，甚至砂土彈跳高度可達 51.5 公分。
- (二) 由實驗得知，顆粒較大砂土重量就比較重，因此無法彈跳到比較高的位置；相反地，顆粒細小就可以彈跳得比較高，如同下游高屏橋下砂土一樣。

三、比較不同地點的砂土受降雨影響滲水量如何變化：

- (一) 無論是連續降雨時間長短，中游砂土滲水量都大於下游砂土滲水量。
- (二) 中游或下游的砂土，在連續降雨兩分鐘的滲水量均多於降雨一分鐘的，而且滲水量比降雨一分鐘的量多出許多。因為剛降雨時，砂土乾燥，雨水先被砂土吸收，接下來的降雨就快速的往下滲入。
- (三) 砂土滲水量與砂土顆粒大小有關：中游砂土顆粒較大且多稜角，砂土與砂土之間的空隙大，容易讓雨水滲入。
- (四) 經由中游砂土往下滲的水比較乾淨，而經過下游砂土往下滲的水則較混濁。

四、探討間歇降雨的時間長短是否影響兩個不同地點的砂土滲水量：

- (一) 兩種不同地點的砂土，第 1 次和第 2 次間歇降雨的水量都比較少，第 3 次間歇降雨後滲水量一下子增加許多。滲水量的比較是中游三地門砂土 > 下游高屏溪砂土。
- (二) 實驗結果顯示中游砂土滲水量比下游砂土多了一些，**砂土滲水量與砂土顆粒大小有關**：中游三地門砂土顆粒較大且多稜角，砂土與砂土之間的空隙比較大，比較容易讓雨水滲入。這與研究三連續降雨的結果有一致性。

五、探討降雨在修剪後的植物上，對於植物底下砂土影響的情形：

- (一) 有葉組底下砂土的平均滲水量比無葉組的平均滲水量還要多，超過兩倍以上。雨水能順著枝葉和莖流至根部往土裡，因此增加了滲水量。
- (二) 無葉組底下的砂土的彈跳平均高度比有葉組砂土彈跳平均高度還要高。降雨時，無葉植物無法提供遮蔽及緩衝，雨水直接沖刷砂土情形比較嚴重。
- (三) 有葉組的植物，增加了雨水滲入土中的滲水量，又能有效減少砂土彈起流失的情形，更能證明有葉植物有助於水土保持。至於生活中又有修剪樹木的必要，為了避免讓水土流失，**建議**在修剪樹木之後，如果知道將會下雨，可以用塑膠布蓋住砂土，避免雨水直接沖刷砂土。

陸、未來研究方向

一、模擬間歇降雨的研究：

- (一)為了便於觀察每次間歇降雨後的水量而設計的實驗裝置，我們已經發現有不足的地方，未來應該要設計出可以裝更多砂土、下面放置能承接更多滲水的透明觀察容器的裝置進行實驗。
- (二)在時間控制上：應該可以再增加間歇降雨的時間做處理，例如：降雨 60 秒(第 1 次)後停 1 分鐘、再降雨 120 秒(第 2 次)後停 1 分鐘、第三次降雨 240 秒後停 1 分鐘，來觀察滲水量變化數量是否有更大的差異。
- (三)此次研究，比較相同時間內連續降雨與間歇降雨的滲水量，發現連續降雨比間歇降雨的滲水量還多，多了 296ml~353ml，我們推測可能是間歇降雨時，雨水沒有連續滲入砂土內，雨停止時，砂土之間的空隙被空氣填滿，阻斷了雨水的滲入。而連續降雨時，一旦砂土之間的空隙被雨水填滿，形成了通路，讓雨水可以源源不絕的滲入砂土的空隙裡，因此，相同時間內連續降雨的滲水量比間歇降雨的滲水量還多。未來可以設計更多的實驗來驗證這個想法，並探討更多影響雨水在砂土空隙內流動的因素。

二、這次的研究，都針對滲水量及砂土被彈起的情形進行觀察及分析，沒有測量未被雨水濺起卻隨水流走的表土的量，未來也可以針對這項作研究。

三、有葉與無葉植物受限於雨水沖刷實驗配合澆水器做模擬，無法證明如果降雨在一般灌木植物會有何影響。未來可嘗試季節性落葉的植物來實際實驗看看。

柒、參考資料

- 一、中華民國第 42 屆中小學科學展覽會作品 彈跳的沙。
- 二、國民小學自然與生活科技課本第 7 冊—大地的奧秘。康軒文教事業出版。
- 三、孫婉玲(民 86)。河的旅行。臺北市：親親自然雜誌社。
- 四、阿山的地科研究室：<http://ashan.gl.ntu.edu.tw/index.htm>
- 五、氣象局全球資訊網：<http://www.cwb.gov.tw/V7/index.htm>

【評語】 080502

1. 本研究主題清楚；具鄉土性；
2. 本研究採用野外觀察與採樣，並在室內進行模擬實驗，由測試中發現問題再予調整，方法可行；
3. 結果顯示不同地點沙土的彈跳高度、滲水量、間歇性降雨的時間長短與滲水量，以及在修剪後植被下沙土皆受降雨的影響，所得結論與說明合理；
4. 解釋實驗過程時能夠相互支援表現團隊精神。

壹、研究動機

上學期自然課上到大地的奧秘時，我們知道雨水是改變地貌的重要影響因素，下雨過後，雨水將沖刷的砂土帶往河流，河水就變得很混濁。到底雨水如何沖刷土砂土的？雨水降在不同顆粒大小的砂土上結果會不一樣嗎？於是我們就請老師指導，展開了關於雨水沖刷砂土的實驗研究。

貳、研究目的

- 一、了解河流中游砂土與河流下游砂土的特性有何差異。
- 二、比較不同地點的砂土受降雨影響的彈跳高度變化情形。
- 三、比較不同地點的砂土受降雨影響的滲水量有何差異。
- 四、探討間歇降雨的時間長短是否影響兩個不同地點的砂土滲水量。
- 五、探討降雨在修剪後的植物上，植物底下砂土受影響的情形。



星點木植物



澆水器、水管



置物籃、水盆

參、研究設備或器材

研究器材有：置物籃、長方形水盆、塑膠花盆、澆水器、水管、篩網、尺、蒸籠紗布、圖釘、百格紙、量杯、量筒、星點木、碼表、計算機、桌子。

肆、研究方法、結果與討論

研究問題一：河流中游和下游不同地點的砂土，有何不同特性？

一、研究方法：

- (一)分別至高屏溪中游(三地門河岸▲標註點1)和下游(高屏橋下河岸▲標註點2)採集砂石。
- (二)利用五官及顯微鏡觀察，並用相機接顯微鏡拍照。記錄兩個地點的砂土特徵，再進行比較分析。

二、研究結果：

採集到的砂土進行觀察比較與分析。

特徵地點	重量	直接拍照	顏色	顆粒粗細	其它	利用顯微鏡放大60倍
中游三地門橋下河岸	1390公克 /1000cm ²		用眼觀察，顏色較深黑，有淺灰、深灰、黃、透明、白色。(灰色的成份是砂岩)。(透明、白色的成份是石英)	顆粒較大，形狀成長橢圓形，且有稜角	摸起來比較粗糙	
下游高屏橋下河岸	1380公克 /1000cm ²		用眼觀察，顏色較淺淡，有淺灰、深灰、黃、透明、白色。(灰色的成份是砂岩)。(透明、白色的成份是石英)	顆粒較小，形狀較接近圓形，稜角較少	摸起來較細緻，還有一些土粉的觸感	

三、結果討論：

- (一)兩個採集地點的砂子因為都是來自高屏溪上游的岩石，經過河水侵蝕作用順流而下才變成細小的砂石，所以成份都是一樣的。
- (二)從顯微鏡觀察，中游的砂子比較長一些，而且稜角比較多。而下游的砂子顆粒較細圓，又有一些已經變成更細的土，所以摸起來會有土粉的觸感。

研究問題二：河流中游和下游的砂土，受降雨影響後彈起的情形有何差別？

一、實驗設計想法與試做：

(一)實驗測試操作：

- 1.參考與改變：參閱全國科展第42屆作品「彈跳的砂」，用250克的砂土、100c.c的水量進行實驗，我們覺得這樣的量太少了，決定增加砂土量及模擬降雨量。而彈跳起來的砂土，他們是用八開圖畫紙圈成圓形套在裝土的花盆上承接的，經過討論，我們決定搭配裝砂土的長方形容器改為一個立面承接，圖畫紙則改為百格紙，更能避免測量的誤差。
- 2.裝填砂土：將置物籃(用來裝砂)和長方形水盆(承接滲水用)用膠帶黏在一起，在有網格洞洞的置物籃內先鋪上一層蒸籠紗布，避免砂子和滲水一起流入水盆。最後將兩個地點的砂土分別裝入置物籃內，直到置物籃全滿為止並用鐵尺將表面刮平。
- 3.模擬降雨裝置：將澆水器固定在室外離地180公分高的樹幹上並以水管相連，以1分鐘水流約4000ml水量調整噴水方向，且把百格紙黏貼在長方形水盆底部上。(如右圖)
- 4.實驗操作：一人轉開水龍頭，一人拿相機拍照記錄，一人拿碼表計時，模擬降雨時間為30秒，時間到立刻關水，其餘人做實驗觀察並記錄彈在百格紙上的砂子高度及數量；用鐵尺挖開裝砂容器中的砂土，測量下方沒有濕掉的砂土，觀察滲水情形。



用鐵尺將砂土刮平



(二)實驗測試發現問題，並加以調整：

- 1.操作後發現：因室外操作，澆水器噴出的水會受風力影響而改變位置，無法完全降落在砂土容器。為了避免風的影響，決定正式實驗操作地點調整到室內--教師辦公室的男生廁所。
- 2.試作實驗把百格紙黏貼在塑膠盆底面，也因為風的關係搖擺無法固定，改將百格紙用圖釘固定在課桌桌面上，再將桌子放倒，讓百格紙面立於砂土容器的長邊外側。

二、研究方法：

- (一)地點在男生廁所，將澆水器固定在廁所門框上並以水管相連接；百格紙上方分別標示三地門和高屏橋下，固定於課桌上，同前面試作過程來實驗，模擬降雨時間均為30秒。
- (二)兩種砂土都各做三次，觀察記錄彈跳起來的砂點高度及數量。而且砂土和蒸籠紗布使用完後都會曬乾再繼續利用。



實驗操作



高屏溪流域屏東縣內圖片來源：Google 地圖

三、研究結果：

(一)兩個地點的砂土受到模擬降雨後彈到百格紙上。

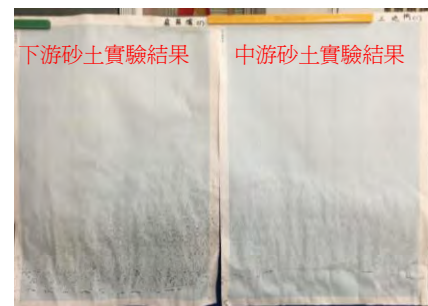
砂子來源	砂點集中區域	高於 30 公分	最高位置
中游三地門	15 公分以下，數量明顯少於下游的彈起砂土數量。	有 8 點	37 公分
下游高屏橋下	20 公分以下，數量密集	有 34 點	51.5 公分

(二)模擬降雨 30 秒之後，停水等待 1 分鐘讓水滲入發現水盆裡面沒有水。再將砂土挖開，測深度。

砂子來源	裝填砂子厚度	滲水深度	底部乾燥砂土厚度
中游三地門	10 公分	6~6.5 公分	3.5~4 公分
下游高屏橋下	10 公分	5 公分	5 公分

四、結果討論：

- (一)砂土彈跳的數量(含砂土彈跳高於 30 公分的數量及最高點)結果比較：下游高屏橋下砂土 > 中游三地門砂土。
- (二)從研究問題一得知下游高屏橋下的砂土顆粒比中游三地門的砂土顆粒還要小，所以比較容易被雨水帶走，砂土彈起來的數量就會比中游的砂土還要多，高度也比較高。
- (三)彈跳砂土高度恰好與滲水深度有反向的關係存在，亦即砂土彈跳越高，滲水深度比較少(淺)。因此真正降雨的情形，地表砂土被侵蝕及沖刷的影響就更嚴重了。



兩地點砂土彈起結果比較

研究問題三：河流中游和下游的砂土，受降雨影響後滲水量有何差別？

一、研究方法：

- (一)我們的想法：原本想利用研究問題二方法所得到的結果，一併討論砂土滲水量的情形。但卻發現模擬降雨 30 秒時間，雨水根本就沒有滲入到砂土的最下層。決定再進一步增加降雨時間觀察滲水量的變化。
- (二)同研究問題二的步驟進行實驗，唯一不同是增加降雨時間：每盆降雨時間為 1 分鐘，時間到立刻關水，關水後再等待 30 分鐘，之後將裝砂容器及下方長方形接水容器分開。再將經由砂土滲入的雨水倒入量杯，測量滲水量。
- (三)同上述(二)步驟，降雨時間改為 2 分鐘，時間到立刻關水，關水後也是等待 30 分鐘，再測量滲水量，並進行分析。

二、研究結果：

我們將中游三地門砂土和下游高屏橋下砂土的(不同地點砂土、不同降雨時間)滲水量(單位 ml)整理如下表(一)與圖(二)。

表(一)

組別 滲水量 時間	中游三地門砂土			下游高屏橋下砂土		
	第 1 次	第 2 次	合計	第 1 次	第 2 次	合計
60 秒降雨、靜置 30 分鐘	600	1000	1600	590	520	1110
120 秒降雨、靜置 30 分鐘	2600	2000	4600	1450	1000	2450
其他發現	滲入的水比較乾淨			滲入的水比較混濁		

圖(二)



三、結果討論：

- (一)以不同地點砂土作比較：無論是一或兩分鐘降雨加起來的滲水總合，中游三地門砂土(1600ml、4600 ml)均大於下游高屏橋下砂土(1110ml、2450 ml)。
- (二)以降雨時間作比較：無論是中游或下游的砂土，降雨兩分鐘的滲水量均多於降雨一分鐘的，而且滲水量比降雨一分鐘的多出許多，由此得知剛降雨的時候，因為砂土乾燥，所以降下來的雨會被砂土先吸收，等到砂土已經都濕潤無法再吸水了，接下來的降雨就很快的往下滲入砂土了。
- (三)跟研究問題二滲水深度的實驗結果一樣，砂土滲水量與砂土顆粒大小有關：砂土之間的空隙大，容易讓雨水滲入。
- (四)滲水清濁度比較：經由中游砂土往下滲的水比較乾淨、透明度較高，而經過下游的砂土往下滲的水較混濁。這是因為下游的砂土顆粒較小甚至有些土粉，可穿過墊在底下的紗布孔隙，讓水變混濁了。

研究問題四：間歇降雨的時間長短對不同地點的砂土滲水情形有何差別？

一、研究方法：

- (一)我們的想法：現實生活中會有雨下下停停的情形，不知道這樣的降雨方式對滲水量有什麼影響，想研究看看。
- (二)科學上對於「間歇降雨」的名詞解釋是：降雨強度的變化似連續性降雨般緩和，但在過去 1 小時內，至少曾中斷過一次降雨時，稱為間歇性降雨。所以，我們決定將實驗設計為：降雨 30 秒後停 1 分鐘、再降雨 30 秒後停 1 分鐘、第三次降雨 60 秒停 1 分鐘後結束實驗。每次降雨停一分鐘後，馬上觀察滲水量並做紀錄。
- (三)要觀察間歇降雨間的滲水量，需透明的接水容器才能看出每次的滲水情形，在自然教室找到了最大容量 2000 ml 的燒杯，配合燒杯將上面裝砂土的容器改為圓形的花盆。同前面研究問題二實驗步驟，兩個地點的砂土都各做兩次並紀錄。

二、研究結果：

(一)間歇降雨的滲水量紀錄。

不同地點砂土的
間歇降雨滲水量的
記錄表(單位 ml)

實驗處理	中游三地門橋下砂土		下游高屏橋下砂土	
	第 1 盆 (累計刻度)	第 2 盆 (累計刻度)	第 1 盆 (累計刻度)	第 2 盆 (累計刻度)
降雨 30 秒(停 1 分鐘)	0	0	0	0
再降雨 30 秒(停 1 分鐘)	0	0	0	0
第三次降雨 60 秒(停 1 分鐘)	248	253	127	64
降雨 60 秒(停 1 分鐘)	0	0	0	0
再降雨 60 秒(停 1 分鐘)	224	257	143	119
第三次降雨 120 秒(停 1 分鐘)	824	797	738	771

(二)實驗照片



三、結果討論：

- (一)兩種不同地點的砂土，第 1 次 30 秒和第 2 次 30 秒的滲水量都為 0，第 3 次 60 秒滲水量一下子增加了 64~248ml。這和研究問題三連續降雨的情形很類似，剛降雨的時候，因砂土乾燥，降下來的雨會先被砂土吸收，等到砂土已經都濕潤無法再吸水了，接下來的降雨就很快的往下滲入砂土了。
- (二)為了比較間歇降雨與連續降雨的不同，我們也進行了連續降雨 240 秒的滲水量實驗做為參照，比較累計相同時間、不同採砂地點的滲水量，結果發現與前面研究三的連續降雨滲水量結果一致，中游三地門橋下砂土的滲水總量大於下游高屏橋下砂土約 77~134 ml，我們認為砂土滲水量與砂土顆粒大小有關：中游三地門橋下砂土顆粒較大且多稜角，砂土與砂土之間的空隙比較大，比較容易讓雨水滲入其中。

類別	中游三地門橋下砂土	下游高屏橋下砂土
滲水量	(累計刻度)	(累計刻度)
實驗處理		
降雨 240 秒(停 1 分鐘)	1150	1067

研究問題五：降雨在修剪後的植物上，植物底下砂土受影響的情形如何？

一、研究方法：

- (一)我們的想法：之前看很多的科展報告或是上課的實驗，都是進行有草及無草的實驗比較。前一陣子學校剛修剪了操場邊的大榕樹的樹枝樹葉，修剪樹木枝葉是生活中常見的做法，如果剛修剪完的時候剛好下雨，這時候，樹木底下的砂土會受怎樣的影響呢？
- (二)購買植物盆栽：因園藝店賣的植物盆栽同一種植物有很多盆，且在種的時候土質和土量是一樣，植物正常生長而非硬生生移植來做實驗的。到園藝店挑選 8 盆同品種、同高度的星點木植物。
- (三)實驗處理：將 4 盆星點木的葉子剪下形成無葉狀態；另 4 盆的葉子不修剪全數保留。因盆栽的土沒有全滿，不容易觀察到植物底下砂土實驗情形，所以都用高屏溪橋下砂土將花盆填滿刮平。
- (四)同前面研究二的實驗步驟，用百格紙觀察砂土彈起的情形，並將彈起最高 30 個砂點高度進行紀錄再算平均(詳見研究日誌)；同研究四的方法，將花盆套在大燒杯上，並用膠帶把接縫貼好，模擬降雨計時 30 秒，30 秒一到立刻關水，關水後等待 1 分鐘測量滲水量。



↓無葉組



二、研究結果：

- (一)有葉與無葉植物，受降雨影響的砂土彈跳與滲水量之記錄表。

無葉組	次別	第 1 盆	第 2 盆	第 3 盆	第 4 盆	平均值
	滲水量		22 ml	18 ml (混濁)	24 ml (混濁)	35 ml (混濁)
砂土彈跳高度		14.63 cm	16.94 cm	9.86 cm	18.56 cm	15.00 cm

有葉組	次別	第 5 盆	第 6 盆	第 7 盆	第 8 盆	平均值
	滲水量		31 ml	25 ml	83 ml	75ml (混濁)
砂土彈跳高度		5.83 cm	11.37 cm	5.86 cm	5.98 cm	7.26 cm

- (二)實驗結果照片。



無葉組的滲水量



有葉組的滲水量

三、結果討論：

- (一)滲水量：有葉組的平均滲水量為 53.5 ml 比無葉組的平均滲水量 24.75 ml 還要多，超過兩倍以上。可見葉子保留完整的植物，雨水能順著枝葉和莖流至根部往土裡，因此增加了滲水量。
- (二)砂土彈起情形：無葉組底下的砂土的彈跳砂平均高度 14.99 公分比有葉組底下砂土彈跳平均高度 7.25 公分還要高，大約高出兩倍之多。當降雨時，無葉植物對於底下的砂土，無法提供遮蔽及緩衝，所以雨水直接沖刷砂土，砂土就會被雨水打得彈跳起來，飛濺到比較高的位置。
- (三)綜合以上分析：有葉組的植物，增加了雨水滲入土中的滲水量，又能有效減少砂土彈起流失的情形，更能證明有葉植物對於水土保持作用非常有效。

伍、結論與建議

一、了解河流中游三地門砂土與河流下游高屏橋下砂土的不同特性：

- (一)中游三地門砂土比下游高屏橋下砂土的顆粒還要大，且形狀多呈橢圓形、有稜角。
- (二)下游高屏橋下砂土摸起來顆粒比較細，還有一些土粉的觸感。

二、比較不同地點的砂土受降雨影響彈跳的變化情形：

- (一)下游高屏橋下砂土顆粒比較細，其彈跳數量比中游三地門砂土多且密集，甚至高度可達 51.5 公分。
- (二)顆粒較大砂土重量就比較重，無法彈跳到比較高的位置；相反地，顆粒細小就可以彈跳得比較高。

三、比較不同地點的砂土受降雨影響滲水量如何變化：

- (一)無論是連續降雨時間長短，中游砂土滲水量大於下游砂土滲水量。
- (二)中游或下游的砂土，在連續降雨兩分鐘的滲水量均多於一分鐘的滲水量。因為剛降雨時，砂土乾燥，將先被砂土吸收，接下來的降雨就快的往下滲入。經過下游的砂土往下滲的水則較混濁。
- (三)砂土滲水量與砂土顆粒大小有關：中游砂土顆粒大且多稜角，砂土之間空隙大，容易讓雨水滲入。

四、探討間歇降雨的時間長短是否影響兩個不同地點的砂土滲水量：

- (一)兩種不同地點的砂土，第 1 次和第 2 次降雨的水量都比較少，第 3 次降雨後滲水量一下子增加許多。滲水量的比較是中游三地門砂土>下游高屏溪砂土。這和研究三連續降雨的情形很類似。

- (二)滲水量與砂土顆粒大小有關：中游三地門砂土顆粒大且多稜角，砂土間空隙大，容易讓雨水滲入。

五、探討降雨在修剪後植物，對於植物底下砂土影響的情形：

- (一)雨水順著枝葉流至根部往土裡，有葉組砂土的平均滲水量比無葉組的平均滲水量超過兩倍以上。
- (二)降雨時，無葉植物無提供遮蔽及緩衝，其砂土的彈跳平均高度比有葉組砂土彈跳平均高度還要高。
- (三)有葉組植物，增加雨水滲入土中的滲水量，又能減少砂土彈起流失，更證明有葉植物有助水土保持。為避免水土流失，建議修剪樹木後，如果下雨，用塑膠布蓋住砂土，避免雨水直接沖刷砂土。

陸、未來研究方向

一、模擬間歇降雨的研究：

- (一)為了便於觀察間歇降雨後的水量裝置，未來需設計下面放置能承接更多滲水的透明容器。
- (二)時間控制上：再增加間歇降雨的時間做處理，例如：降雨 60 秒(第 1 次)後停 1 分鐘、再降雨 120 秒(第 2 次)後停 1 分鐘、第三次降雨 240 秒後停 1 分鐘，來觀察滲水量變化是否有更大的差異。

二、本研究以滲水量及砂土被彈起情形進行觀察及分析，沒有測量未被雨水濺起卻隨水流走的表土量。

三、有葉與無葉植物受限雨水沖刷實驗配合澆水器做模擬，無法證明降雨在一般灌木植物有何影響。未來可嘗試季節性落葉的植物來實際實驗看看。