

屏東縣第 61 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：地球科學科

組 別：國小組

作品名稱：留水年華~

校園土壤的逕流與滲透之模擬實驗研究

關 鍵 詞： 土壤、逕流量、滲透量

編號：A5020

留水年華~校園土壤的逕流與滲透之模擬實驗研究

摘 要

校園灑水後有些地方積水，有些地方水很快從地表消失。如何在大雨時，減少積水，讓水留在土壤中呢？我們想找出水分快速滲透的土壤，結果得知：

- 一、校園中採集的砂和土，各項特性大不同。操場旁跳遠場的砂，其粒徑大的顆粒比教務處後方空地的土來得多。
- 二、取 100 毫升模擬超大豪雨，並自製土壤逕流與滲透實驗容器發現：相同體積的砂的滲透性較佳，且地表逕流量較少。
- 三、依不同比例組合的土壤，不論土在上層或下層，砂層的比例越高，滲透量較多，逕流量較少。
- 四、混合土壤中，土壤中砂的比例越高，滲透量提高，逕流量下降；土的比例越高，滲透量下降，逕流量提升。選擇將砂和土依 7:3 的比例混合土壤，其滲透量大逕流量少，適當土壤來把水留在地底下。

壹、研究動機

我們在做校園打掃工作時，發現澆灌植物的自動灑水器，澆水之後不同的地點有不同的結果，有些地方是水很快就從表面消失，有些地方則是水在表面流動，甚至造成積水(如圖 1、2)。這些不同的現象引發我們的好奇，什麼樣的土壤可以讓水分快速的滲透？什麼樣的土壤會容易造成水在表面流動？因此我們想透過研究，找出適合水分快速滲透的土壤，不僅在突來的大雨發生時，能減少校園積水情形，也能使更多的水分保留在土壤中。



圖 1 灑水之後水很快滲入土壤



圖 2 灑水之後有部分積水未滲入土壤

貳、研究目的及問題

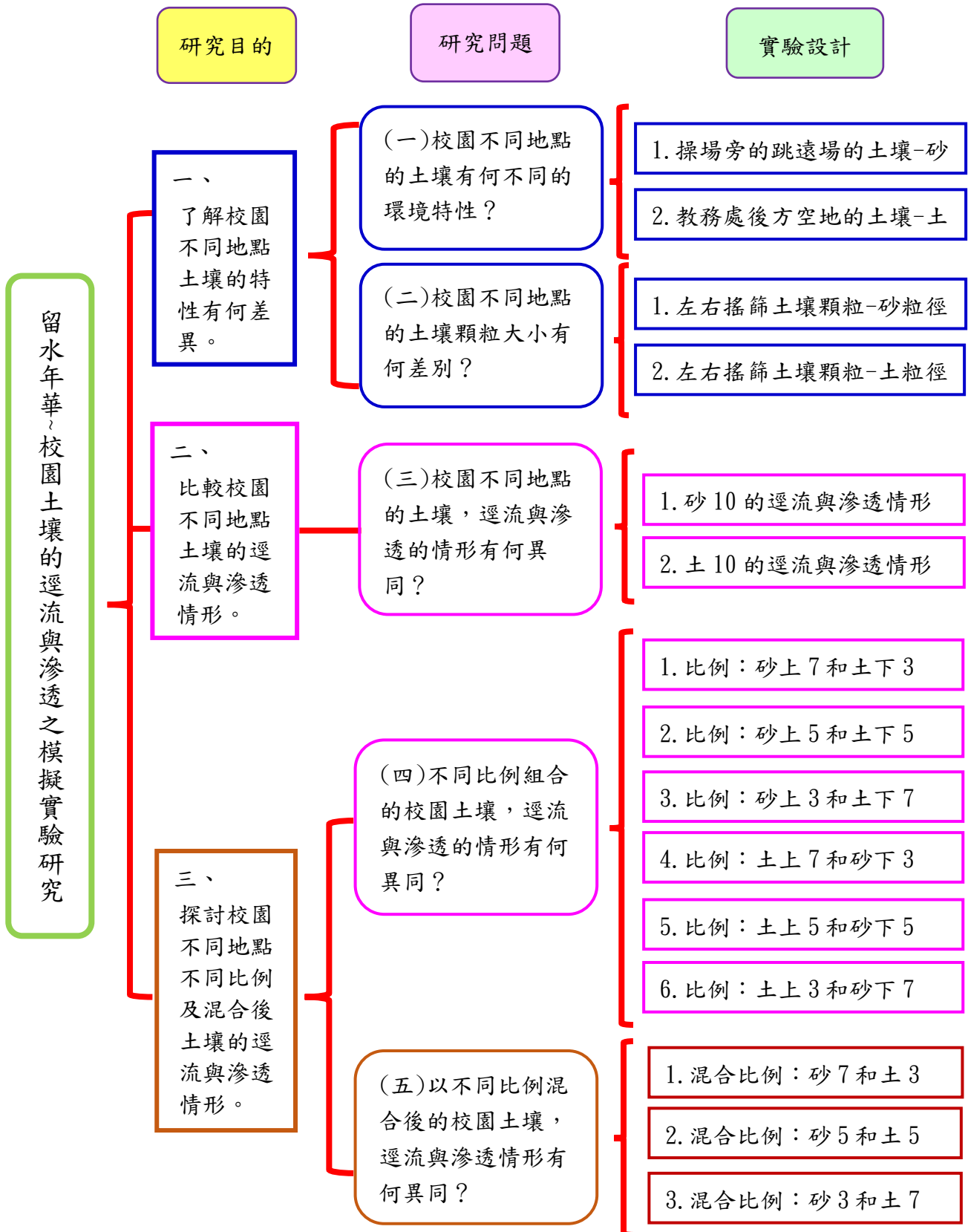
一、研究目的

- (一)了解校園不同地點土壤的特性有何差異。
- (二)比較校園不同地點土壤的逕流與滲透情形。
- (三)探討校園不同地點以不同比例組合及混合後土壤的逕流與滲透情形。

二、研究問題

- (一)校園不同地點的土壤有何不同的環境特性？
- (二)校園不同地點的土壤顆粒大小有何差別？
- (三)校園不同地點的土壤，逕流與滲透的情形有何異同？
- (四)不同比例組合的校園土壤，逕流與滲透的情形有何異同？
- (五)以不同比例混合後的校園土壤，逕流與滲透情形有何異同？

參、研究架構圖



肆、研究設備及器材

一、研究器材(如圖 a~圖 l)













(一)採砂工具：水桶、30cm 鐵尺、鏟子。

(二)實驗用具：篩網器、電子秤、顯微鏡、顯微相機、PP#100 目過濾網。

(三)其他：壓克力盒(內長12cm*內寬7.9cm*內高3.7cm=350.76cm³)、量杯(100ml、500ml)、碼表、計算機、塑膠大盆、小白板、白板筆、竹筷子、相機。

二、實驗材料：實地觀察校園後，第一個採集地點為操場旁與活動中心之間的跳遠場砂坑；第二個地點我們選在教務處後方大花紫薇樹下空地。

在研究期間，我們團隊使用的研究設備及器材，整理如下表所列的品項。

| 品項 | a. 水桶和鏟子 | b. 30cm 鐵尺、竹筷 | c. 塑膠大盆 | d. PP#100 目 過濾網 |
|----|---|---|--|---|
| 照片 |  |  |  |  |
| 功用 | 採集土壤工具 | 量測開挖位置 | 裝實驗土壤用 | 網狀透水材質 |
| 品項 | e. 篩網器 | f. 電子秤 | g. 顯微鏡 | h. 顯微相機 |
| 照片 |  |  |  |  |
| 功用 | 測量土壤粒徑 | 測量土壤重量 | 觀察土壤顆粒 | 紀錄土壤外觀 |
| 品項 | i. 壓克力盒 (350.76 cm ³) | j. 碼表、計算機 | k. 燒杯、量杯 | l. 自製容器 |
| 照片 |  |  |  |  |
| 功用 | 裝砂和土測重量 | 測量時間與統計 | 裝水容器 | 自製觀察土壤實驗器材 |

伍、研究過程與結果討論

【研究問題一：校園不同地點的土壤有何不同的環境特性？】

一、校園採集土壤地點

我們在自然教室先討論要採集校園土壤的類別，再實地觀察校園後，決定第一個採集地點為操場旁與活動中心之間的跳遠場砂坑(如圖 1-1)，因為透過肉眼觀察，此處的土壤中砂石顆粒比較多，土質鬆軟；第二個地點我們選在教務處後方大花紫薇樹下空地(如圖 1-2)，因為這塊空地在灑水系統澆水時，排水較慢且土質較硬，土壤中的砂石顆粒較少。本次實驗校園土壤採樣位置，標示如圖 1-3。



圖 1-1 操場旁與活動中心之間的跳遠場



圖 1-2 教務處後方的大花紫薇樹下空地



圖 1-3 本次實驗校園土壤採樣位置

二、校園土壤採樣作法

我們參閱全國科展第 50 屆「高屏溪”沙”很大」作品內容，他們是用鏟子挖出長 30cm×寬 30cm×深 30cm 的範圍進行採樣。於是我們在學校中庭樟樹下的土壤試作採樣，用 30cm 鐵尺和竹筷子定出範圍，結果發現量太多，以至於小垃圾桶裝不下。因此，我們決定減少採樣土壤的量，改為長 20cm×寬 20cm×深 20cm 的土壤量，並將裝土壤的小垃圾桶改為水桶，方便帶回自然教室做實驗與觀察(如圖 1-4~1-7)。



圖 1-4 原土壤採樣為長 30*寬 30*深 30cm



圖 1-5 試作土壤採樣超過小垃圾桶容量



圖 1-6 調整土壤採樣為長 20*寬 20*深 20cm

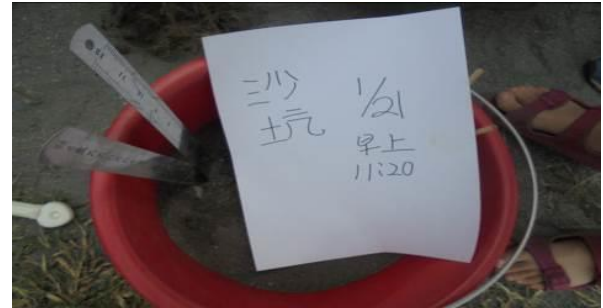


圖 1-7 以水桶為容器裝土壤

三、研究方法

- (一)至採集地點分別採集實驗要用土壤，如圖 1-8、1-9。
- (二)利用五官(眼睛、鼻子和雙手)觀察周遭環境及顯微鏡觀察土壤的特徵，並用相機接顯微鏡拍照。
- (三)記錄兩個不同地點採集的土壤特徵，再進行比較分析。



圖 1-8 操場旁與活動中心之間的跳遠場採樣情形







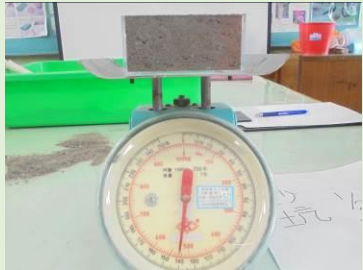

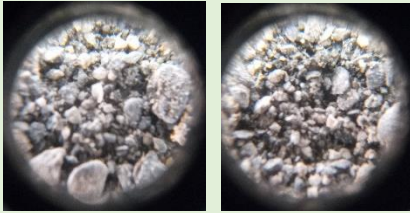
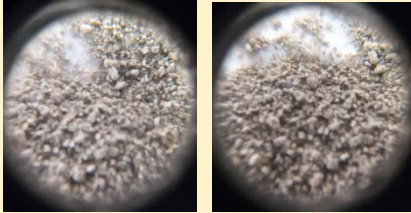
圖 1-9 教務處後方的大花紫薇樹下空地採樣情形

四、研究結果

我們將操場旁的跳遠場和教務處後方空地採集到的土壤進行觀察比較，整理如下表 1-1。經過各項特性觀察，為了方便往後實驗土壤的區別，因此我們將操場旁跳遠場所採集的土壤，命名為**砂**，教務處後方空地所採集的土壤，命名為**土**。

表 1-1 操場旁跳遠場與教務處後方空地的土壤之特性觀察記錄表

| 地點 特徵 | 操場旁的跳遠場 (砂) | 教務處後方空地 (土) |
|-------------|---|--|
| 重量 | 530 公克 / 350.76cm ³ | 370 公克 / 350.76cm ³ |
| 採樣後 直接拍照 |  |  |
| 眼睛-看 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 周圍有長小草 2. 砂粒外觀不均勻，有大有小 3. 有狗屎 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 周圍沒有長草，有長青苔 2. 有細枝樹根長出來 |
| 鼻子-聞 | 周圍都有狗小便和大便的味道 | 有泥土濕濕的味道和草味 |
| 雙手-觸 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 上層用鏟子容易挖開 2. 往下層挖時，砂比較密、比較硬一些，不好挖 3. 摸起來比較粗糙 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 土因為變硬不好挖開 2. 有挖到粗樹根和大石頭 3. 摸起來較細緻，還有一些粉粉的觸感 |
| 其他發現 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 往下層挖砂的顏色比上層砂深 2. 往下層砂的顆粒比上層砂細一些 3. 摸起來下層砂比上層砂有一點點濕濕的感覺 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 在用筷子定位時，不容易插直作記號 2. 土的顏色為黃褐色，而且摸起來都有濕濕的感覺 |
| 曬乾後 |  |  |

| | | |
|------------------------------------|---|---|
| <p>秤重</p> |  |  |
| <p>利用顯微鏡放大 60 倍接手機照相機，拍照結果</p> |  |  |

五、結果討論

- (一)將採集的砂和土，分別裝在 350.76 cm^3 的容器(長 12 公分×寬 7.9 公分×高 3.7 公分)中，砂的重量為 530 公克，土的重量 370 公克，重量相差 160 公克。我們探討其原因是石頭顆粒重量比土顆粒重量還要多重一些，所造成重量差異。
- (二)採集的砂和土顏色不太相同，砂的顏色偏灰色、土的顏色偏黃褐色。而且跳遠場比較有陽光照射；然而教務處後方的空地，因為大花紫薇樹木阻擋陽光，因此土壤挖開後用手摸起來比較潮濕，而且眼睛看起來土壤顏色比較深，上層土和下層土都屬深黃褐色的樣貌。跳遠場的砂挖開後，砂下層和上層的顏色有深淺的差別。
- (三)所採集的砂顆粒比土顆粒還要大，摸起來比較粗糙。從顯微鏡裡看兩個地點的土壤顆粒形狀，原以為砂應該都是接近圓形的，沒想到採集到的砂稜角比較多，難怪摸起來會有比較粗糙的感覺。而採集土的顆粒較細緻，又有一些已經變成更細的顆粒，所以摸起來會有粉粉的觸感。

【研究問題二：校園不同地點的土壤顆粒大小有何差別？】

一、實驗設計想法與試作

(一)找尋篩網的實驗器材

我們想知道跳遠場的砂和教務處後方空地的土，土壤顆粒的大小有沒有差別，因此參考相關土壤科展的實驗內容，大都先進行土壤的粒徑分析，所以我們就搜尋網路上做粒徑分析的科學儀器或設備，發現一台就要上萬元，超過採買器材的預算金額。

接著我們轉而詢問學校附近的大專院校，剛好大仁科技大學的環境與職業安全衛生系所願意提供粒徑分析的篩網器材，外借給我們完成粒徑分析的工作。

這個篩網工具共有 5 層(圖 2-1 到圖 2-4)，各層的網目為#10、#40、#200、#500。其中#500 網目的意思是每 24.5mm 長度分割為 500 等份，所以#10 網目可篩留下 >2mm 的土壤顆粒、#40 網目可篩留下 0.42mm~2mm 的土壤顆粒、#200 網目可篩留 0.074mm ~0.42mm 的土壤顆粒、#500 網目可篩留 0.025mm~0.074mm 的土壤顆粒，最後留下 <0.025mm 的土壤顆粒會在篩網的最底層容器之中。

(二)篩網操作測試後的討論

我們將跳遠場的砂和教務處後方空地的土，各取 350.76cm³ 來做搖篩，希望能從中發現砂和土的不同顆粒大小的分布情形。

一開始手動搖篩，有些砂土會從篩網縫隙彈跳出來，為了避免過分搖動造成砂土從篩縫中彈跳出來，因此操作搖篩的雙手更需要注意搖動的動作，僅能以**左右搖動**為主，不可以上下搖動，如此比較能固定手部的動作與左右搖動的頻率。

後來我們想到用樂高 EV3 機器馬達來設計製作，讓搖篩工作由機器以前進後退方式代替左右搖篩處理(圖 2-5)，希望能固定搖篩的力量與頻率，但因為需要連續搖篩 1 分鐘左右，測試之後，發現樂高 EV3 機器的馬達運轉會有越來越弱的情形，擔心同學的機器馬達會損壞，因此，最後還是決定以雙手來操作搖篩的動作。







接著，我們以搖篩**左右搖動算 1 次**，先以搖篩 30 次，看看搖篩完成後的 5 層內的顆粒是否篩得均勻，結果發現：最上層的篩網中還有一些細小顆粒砂未進到的 2 層篩網中，顯然搖篩的次數未達完整篩盡的次數。

經過大家的討論，決定正式實驗操作設定為**搖篩 100 次**，並且記錄下所花時間，由大家分工合作完成拍照紀錄等實驗研究工作(圖 2-6)，讓砂和土可以均勻地被篩網分別出來顆粒的大小。並利用可量測範圍是 0.01 公克~200 公克的電子秤測量，讓 5 層的砂土重量都能夠精準的測量出其重量。

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 圖 2-1 篩網#10 網目 | 圖 2-2 篩網#40 網目 | 圖 2-3 篩網#200 網目 |
|  |  |  |
| 圖 2-4 篩網#500 網目 | 圖 2-5 樂高 EV3 機器搖篩 | 圖 2-6 實驗分工合作 |

二、研究方法

- (一)將校園採集的土壤鋪平後，定時翻動，讓土壤充分曬乾，以方便往後各個實驗使用。
- (二)我們先將五個篩網（網目為#10、#40、#200、#500)利用電子秤分別秤出空篩網的重量（圖 2-7）。
- (三)將研究一採集的砂和土，各取 350.76cm^3 ，分次以鏟子取試量的砂或土，每次取約 40~50 公克作搖篩實驗(圖 2-8)，倒入篩網最上層(網目為#10)中(圖 2-9)，用雙手搖篩 100 次(圖 2-10)，直到將 350.76cm^3 的砂或土都各自篩完為止。
- (四)各層篩網連同篩出的砂土一起秤重作紀錄(圖 2-11、圖 2-12)，紀錄的同學將篩網總重減去空篩網的重量後，計算出實際 5 層篩網粒徑分析後的各層砂土重量(公克)。並準備夾鏈袋(用簽字筆寫上篩後分層的代號：以國字名稱簡寫表示)將篩後的各層砂土收集起來。
- (五)每進行一次搖篩土壤完成後，就將篩網上殘留的砂土以油漆刷毛刷進夾鏈袋保存。

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 圖 2-7 #10 目 97.38 公克 | 圖 2-8 取出砂 42.67 公克 | 圖 2-9 砂倒入篩網最上層 |
|  |  |  |
| 圖 2-10 左右搖篩 100 次 | 圖 2-11 搖篩後秤重量 | 圖 2-12 秤重後做紀錄 |

三、研究結果

(一)學校操場旁跳遠場的砂，取出 350.76cm³(530 公克)經過分次鏟取搖篩後的五層粒徑重量(公克)紀錄表，如表 2-1。

表 2-1 跳遠場的砂搖篩後的五層粒徑重量紀錄表

| 篩網網目 | 砂(跳遠場的砂坑) | | | | | 篩後重量小計 | 篩前取砂重量 | 篩前篩後相差 | 搖篩時間紀錄 搖 100 下 |
|--------------------|-----------|--------------|----------------|-----------------|-------------|--------|--------|--------|-------------------|
| | #10 | #40 | #200 | #500 | * | | | | |
| 篩網粒徑 | 大於 2.0 | 0.42~ 2.0 | 0.074~ 0.42 | 0.025~ 0.074 | 小於 0.025 | | | | |
| 空篩重量(g) | 97.38 | 93.84 | 86.96 | 90.39 | 75.42 | | | | |
| 第 1 篩(52.41g)+空篩重 | 101.85 | 124.28 | 103.59 | 91.22 | 75.42 | X | 52.41 | 0.04 | 1 分 38 秒 59 |
| 第 1 篩扣掉空篩重 | 4.47 | 30.44 | 16.63 | 0.83 | 0 | 52.37 | X | | |
| 第 2 篩(40.22g)+空篩重 | 104.4 | 117.68 | 95.71 | 90.89 | 75.42 | X | 40.22 | 0.11 | 1 分 26 秒 50 |
| 第 2 篩扣掉空篩重 | 7.02 | 23.84 | 8.75 | 0.5 | 0 | 40.11 | X | | |
| 第 3 篩(47.24g)+空篩重 | 108.18 | 125.25 | 91.58 | 90.66 | 75.42 | X | 47.24 | 0.14 | 1 分 15 秒 59 |
| 第 3 篩扣掉空篩重 | 10.8 | 31.41 | 4.62 | 0.27 | 0 | 47.10 | X | | |
| 第 4 篩(42.67g)+空篩重 | 100.86 | 114.85 | 104.18 | 91.28 | 75.42 | X | 42.67 | 0.07 | 1 分 35 秒 40 |
| 第 4 篩扣掉空篩重 | 3.48 | 21.01 | 17.22 | 0.89 | 0 | 42.60 | X | | |
| 第 5 篩(51.89g)+空篩重 | 101.66 | 120.75 | 106.49 | 91.42 | 75.42 | X | 51.89 | 0.14 | 1 分 22 秒 21 |
| 第 5 篩扣掉空篩重 | 4.28 | 26.91 | 19.53 | 1.03 | 0 | 51.75 | X | | |
| 第 6 篩(44.43g)+空篩重 | 100.88 | 116.71 | 104.05 | 91.27 | 75.43 | X | 44.43 | 0.08 | 1 分 33 秒 58 |
| 第 6 篩扣掉空篩重 | 3.5 | 22.87 | 17.09 | 0.88 | 0.01 | 44.35 | X | | |
| 第 7 篩(40.53g)+空篩重 | 99.56 | 119.42 | 99 | 90.96 | 75.42 | X | 40.53 | 0.16 | 1 分 30 秒 45 |
| 第 7 篩扣掉空篩重 | 2.18 | 25.58 | 12.04 | 0.57 | 0 | 40.37 | X | | |
| 第 8 篩(41.24g)+空篩重 | 99.89 | 121.73 | 96.74 | 91.26 | 75.42 | X | 41.24 | 0.19 | 1 分 20 秒 75 |
| 第 8 篩扣掉空篩重 | 2.51 | 27.89 | 9.78 | 0.87 | 0 | 41.05 | X | | |
| 第 9 篩(40.59g)+空篩重 | 100.76 | 122.16 | 95.53 | 90.64 | 75.43 | X | 40.59 | 0.06 | 1 分 27 秒 39 |
| 第 9 篩扣掉空篩重 | 3.38 | 28.32 | 8.57 | 0.25 | 0.01 | 40.53 | X | | |
| 第 10 篩(41.83g)+空篩重 | 102.53 | 124.38 | 92.02 | 91.31 | 75.42 | X | 41.83 | 0.16 | 1 分 25 秒 87 |
| 第 10 篩扣掉空篩重 | 5.15 | 30.54 | 5.06 | 0.92 | 0 | 41.67 | X | | |
| 第 11 篩(40.64g)+空篩重 | 104.76 | 120.63 | 92.92 | 90.78 | 75.44 | X | 40.64 | 0.10 | 1 分 31 秒 26 |
| 第 11 篩扣掉空篩重 | 7.38 | 26.79 | 5.96 | 0.39 | 0.02 | 40.54 | X | | |
| 第 12 篩(41.02g)+空篩重 | 98.75 | 118.17 | 101.63 | 90.86 | 75.42 | X | 41.02 | 0.18 | 1 分 32 秒 77 |
| 第 12 篩扣掉空篩重 | 1.37 | 24.33 | 14.67 | 0.47 | 0 | 40.84 | X | | |
| 12 次平均扣掉空篩重 | 4.627 | 26.661 | 11.660 | 0.656 | 0.003 | | | | |
| 各層占的百分比(%) | 10.61% | 61.14% | 26.74% | 1.50% | 0.01% | | | | |
| 篩前總重、篩後總重、 相差總重 | | | | | | 523.28 | 524.71 | 1.43 | |

(二)學校教務處後面空地的土，取出 350.76cm³(370 公克)經過分次鏟取搖篩後的五層粒徑重量(公克)紀錄表，如表 2-2。

表 2-2 教務處後面空地的土搖篩後的五層粒徑重量紀錄表

| 篩網網目 | 土(教務處後面空地的土) | | | | | | 篩後重量小計 | 篩前取砂重量 | 篩前篩後相差 | 搖篩時間紀錄 搖 100 下 |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|-----------------|-------------|--------|--------|--------|-------------|-------------------|
| | #10 | #40 | #200 | #500 | * | | | | | |
| 篩網粒徑 | 大於 2.0 | 0.42~ 2.0 | 0.074~ 0.42 | 0.025~ 0.074 | 小於 0.025 | | | | | |
| 空篩重量(g) | 97.38 | 93.84 | 86.96 | 90.39 | 75.42 | | | | | |
| 第 1 篩(42.10g)+空篩重 | 99.89 | 105.61 | 102.26 | 99.35 | 78.79 | X | 42.10 | 0.19 | 1 分 26 秒 37 | |
| 第 1 篩扣掉空篩重 | 2.51 | 11.77 | 15.3 | 8.96 | 3.37 | 41.91 | X | | | |
| 第 2 篩(41.20g)+空篩重 | 99.83 | 106.47 | 101.35 | 98.87 | 78.65 | X | 41.20 | 0.02 | 1 分 23 秒 58 | |
| 第 2 篩扣掉空篩重 | 2.45 | 12.63 | 14.39 | 8.48 | 3.23 | 41.18 | X | | | |
| 第 3 篩(40.92g)+空篩重 | 100.14 | 106.86 | 99.91 | 99.36 | 78.46 | X | 40.92 | 0.18 | 1 分 19 秒 96 | |
| 第 3 篩扣掉空篩重 | 2.76 | 13.02 | 12.95 | 8.97 | 3.04 | 40.74 | X | | | |
| 第 4 篩(43.92g)+空篩重 | 98.45 | 107.29 | 100.76 | 102.02 | 79.11 | X | 43.92 | 0.28 | 1 分 24 秒 90 | |
| 第 4 篩扣掉空篩重 | 1.07 | 13.45 | 13.8 | 11.63 | 3.69 | 43.64 | X | | | |
| 第 5 篩(40.66g)+空篩重 | 98.73 | 108.89 | 97.87 | 101.49 | 77.51 | X | 40.66 | 0.16 | 1 分 17 秒 45 | |
| 第 5 篩扣掉空篩重 | 1.35 | 15.05 | 10.91 | 11.1 | 2.09 | 40.5 | X | | | |
| 第 6 篩(41.63g)+空篩重 | 99.08 | 110.83 | 98.87 | 98.65 | 77.95 | X | 41.63 | 0.24 | 1 分 21 秒 37 | |
| 第 6 篩扣掉空篩重 | 1.7 | 16.99 | 11.91 | 8.26 | 2.53 | 41.39 | X | | | |
| 第 7 篩(43.14g)+空篩重 | 99.06 | 109.32 | 99.21 | 101.26 | 78.01 | X | 43.14 | 0.25 | 1 分 20 秒 76 | |
| 第 7 篩扣掉空篩重 | 1.68 | 15.48 | 12.27 | 10.87 | 2.59 | 42.89 | X | | | |
| 第 8 篩(45.02g)+空篩重 | 99.09 | 109.51 | 102.49 | 99.65 | 78.09 | X | 45.02 | 0.16 | 1 分 22 秒 88 | |
| 第 8 篩扣掉空篩重 | 1.71 | 15.67 | 15.55 | 9.26 | 2.67 | 44.86 | X | | | |
| 8 次平均扣掉空篩重 | 1.904 | 14.258 | 13.385 | 9.691 | 2.901 | | | | | |
| 各層占的百分比(%) | 4.52% | 33.83% | 31.76% | 23.00% | 6.88% | | | | | |
| 篩前總重、篩後總重、 相差總重 | | | | | | 338.18 | 338.59 | 1.48 | | |

(三)將操場邊跳遠場的砂和教務處後面空地的土，經過五層搖篩後的各層搖篩後重量平均百分比(%)，做成柱狀圖，其結果整理如圖 2-13。

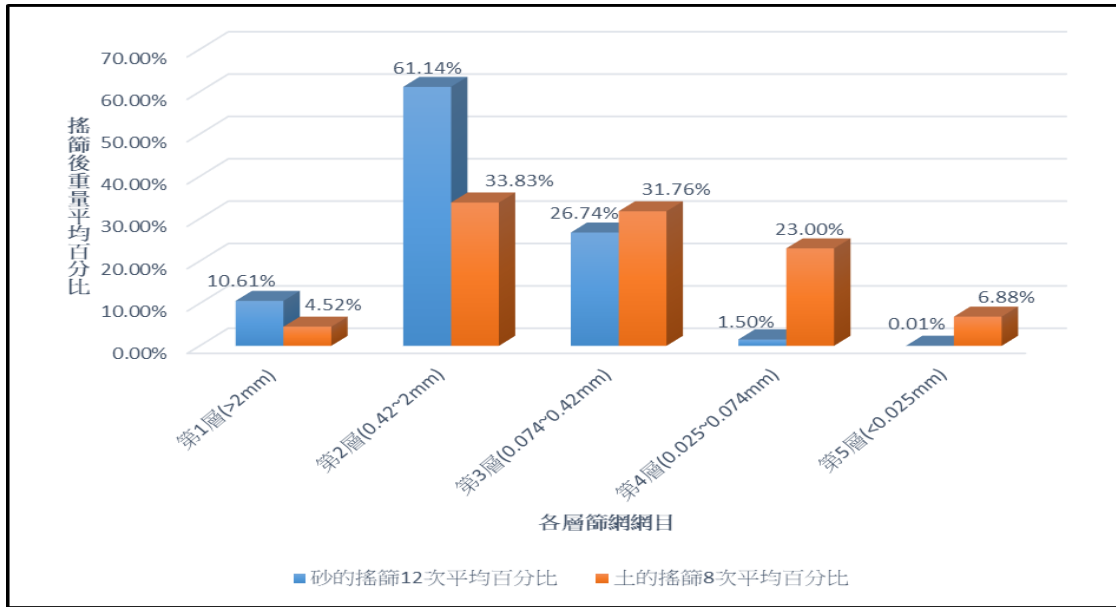


圖 2-13 跳遠場的砂和教務處後方空地的土搖篩後各層重量平均百分比柱狀圖

四、結果討論

(一)經由跳遠場的砂搖篩後的五層粒徑重量紀錄表(表 2-1)得知：

1. 實驗取出 350.76cm^3 (530 公克)的砂，我們共分成 12 次搖篩，其中篩網第 2 層(0.42~2mm)所佔重量平均百分比為 61.14%，是各層中最大的，而且跟其餘 4 層篩網所佔重量百分比相距甚大。
2. 第 4 和 5 層分別佔 1.5%和 0.01%，數量很少，尤其是第 5 層的顆粒幾乎沒有。
3. 在跳遠場 20 公分土壤深度中，砂的粒徑有 71.75%是大於 0.42mm，顆粒較大。

(二)經由教務處後方空地的土搖篩後的五層粒徑重量紀錄表(表 2-2)得知：

1. 實驗取出 350.76cm^3 (530 公克)的土，我們共分成 8 次搖篩，其中篩網第 2 層(0.42~2mm)所佔重量平均百分比為 33.83%，是各層中最大的，其次是第 3 層(0.074~0.42mm)的 31.76%。
2. 在教務處後方空地 20 公分土壤深度中，土的粒徑有 65.59%是介於 0.074~2mm。
3. 砂和土每次搖篩後與搖篩前的總重量，都有些微的差距，經過我們的觀察，發現在打開篩網準備秤重時，會看見些微類似粉塵的物質飄出，我們認為飄至空氣中的粉塵，就是搖篩後所消失的重量。

(三)從圖 2-13 跳遠場的砂和教務處後方空地的土搖篩後各層重量平均百分比柱狀圖結果，我們發現：

1. 砂與土的粒徑大小都是第 2 層(0.42~2mm)所占重量百分比最多，不過砂為 61.14%，土為 33.83%，相差將近一倍，顯示我們採集的砂，顆粒大的部分比土來得多。

2. 砂的粒徑大小在第 4 和 5 層的重量百分比總和為 1.51%，土為 29.88%，兩者差距很大，顯示我們採集的土，**顆粒小的部分比砂來得多**。

(四)綜合以上討論，我們在研究一中所採集校園不同地點的土壤，顆粒大小有所差異，跳遠場的砂，顆粒大的部分比教務處後方空地的土來得多；教務處後方空地的土，則是顆粒小的部分較多。這與研究一雙手觸摸的結果相符，砂因顆粒較大摸起來較粗糙，土因顆粒較小摸起來較細緻。

【研究問題三：校園不同地點的土壤，逕流與滲透的情形有何異同？】

一、實驗設計想法和試作

(一)製作實驗器材

1. 文獻參考

為了瞭解校園所採集的砂和土之逕流與滲透情形，必須製作一個盛裝土壤的容器，使我們能夠觀察土壤的逕流與滲透的狀況。參閱全國科展第 45 屆高職組作品「大地口渴了-鋪面透水性研究」，他們是用塑膠整理箱(長 69×寬 45.8×高 40.9cm)進行實驗，我們覺得這樣要採的砂土量太多了，決定另外自製容器來做實驗。

2. 自製實驗器材

(1)以寶特瓶來製作

經過討論及訪查，因為透明的 2 公升寶特瓶適合觀察，大小也適中，我們決定用寶特瓶來製作實驗容器，於是截取寶特瓶中間的圓柱部分，且為了方便量測倒入的砂土量，在瓶身用簽字筆每 1 公分標示數字刻度 1~10 (圖 3-1)。

接著我們從網路搜尋相關過濾功能的材料，因為要測量土壤滲透水量，所裝置的濾網不能吸水，才能量測較精準的數據，發現有種塑膠尼龍 PP 材質的水族箱專用過濾網(濾網網目為#100)，買來試作效果很不錯，因為是塑膠材質完全不會吸水，符合我們滲透實驗的需求。

然後我們將塑膠過濾網利用熱熔膠黏在寶特瓶底下(圖 3-2)，結果因為熱熔膠溫度太高，使寶特瓶底邊因熱變形成捲曲形狀，改用保麗龍膠搭配膠帶將濾網固定(圖 3-3)。裝填砂土後(圖 3-4)，因為寶特瓶材質不夠堅硬，導致瓶身有點變形。

進行測試實驗時(圖 3-5)，發現固定在瓶身的塑膠濾網阻擋了滲透的觀察，無法觀察到土壤底部滲透的即時情況，而且滲透的水有些還跑進膠帶黏貼處(圖 3-6)，這樣的自製容器不夠耐用，會影響實驗結果。另外底部土壤滲透水的承接容器，也是一個待解決的問題，因此我們決定再另外尋找適合的容器來進行實驗。



(2)以動物乾糧餵食器來製作

我們再到五金行找尋合適的容器，最後在買塑膠濾網的水族館店，發現動物乾糧餵食器的容器(圖 3-7)，它的大小和材質硬度，均符合我們實驗的需求，且濾網不需黏貼，只要在安裝容器時，一起旋緊就能固定濾網，瓶身不會因固定濾網而阻礙了觀察。另外餵食器的下方，正好可以當作承接土壤滲透水的容器，一起解決了滲透水承接的問題，就決定使用動物乾糧餵食器來製作實驗器具。




我們在容器的表面用簽字筆每 1 公分標示數字刻度 1~10(圖 3-8)，並在數字 10 的位置線上方打個洞(圖 3-9)，插入一支波霸吸管收集實驗後的逕流量，在吸管和容器的接縫處，我們用油性黏土黏貼以避免水溢流出來(圖 3-10)。

3. 設定模擬降雨量

因近來極端降雨情形越來越多，土壤若滲透速度不佳，就容易引起積水情形，經由搜尋中央氣象局公布雨量分級定義，我們討論以模擬超大豪雨(24 小時累積雨量達 500 毫米以上)為主要的降雨量來實驗，探討超大豪雨時，校園土壤的逕流與滲透情形。24 小時累積 500 毫米以上，也就是平均 1 小時約累積 20.8 毫米以上，我們的實驗容器半徑約為 3.9cm，面積約為 47.76cm²，因此**每小時**需約累積 99.34cm³ 水量，我們取整數 **100 毫升模擬超大豪雨**。

4. 實驗測試操作

一個人負責倒入水(圖 3-11)，一個人負責拿相機拍照記錄，一個人負責拿碼表計時，水從容器底部滲透出來時立刻按碼表停止計時，其餘的人做實驗觀察(圖 3-12)。

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 圖 3-7 餵食容器外觀 | 圖 3-8 寫上 1~10 的刻度 | 圖 3-9 吸管挖洞記號 |
|  |  |  |
| 圖 3-10 黏土做黏縫材料 | 圖 3-11 加水 100ml 實驗 | 圖 3-12 團隊合作與觀察 |

(二) 測試後再修正實驗容器

1. 當水倒入容器中，尚未被土壤吸收，就有部分的水流入吸管中，影響了實驗結果。我們則測試先從內部用黏土將吸管封住，但還是有些微的水會先流入吸管中，實驗效果仍是不佳。
2. 為了避免影響實驗結果，我們討論後決定還是參考這件「大地口渴了-鋪面透水性研究」科展作品中的作法，將吸管改成飲水機專用的小水龍頭當作收集逕流水的開關(如上圖 3-13)。



(三) 名詞定義

1. **逕流量**：根據臺灣地質知識服務網地質百科對逕流的定義，逕流分成三部分：地表逕流、地表下逕流、地下水逕流。我們本次實驗中測量的逕流量，屬於**地表逕流**，指的是水分進入土壤後，來不及入滲或因土壤無法再容納水分，留在地表流動的水量。
2. **滲透量**：根據網路資料查詢，滲透包含許多部份，如：地表的水分向下進入地面下土壤的過程，稱為入滲；水在土壤中因毛細作用或重力作用而移動之現象，稱為滲流。本次實驗中測量的滲透量，是指水分經過土壤孔隙，從土壤底部流出的水量。

二、研究方法

- (一) 將塑膠濾網與自製容器底部鎖緊(圖 3-14)，把土壤代號寫在塑膠濾網左下方(圖 3-15)，再將砂和土分別裝入自製容器中至刻度 10(圖 3-16)，以鏟子將砂土倒入容器時，不做壓實砂土的動作。

- (二)模擬實驗開始，將 100ml 的水倒入容器中，開始計時 1 小時，期間觀察水滲入土壤中的情形，並等待及記錄塑膠濾網底部流出第一滴水的時間(圖 3-17)。
- (三)如果倒水後 1 小時，水仍沒有從塑膠濾網滲透出來，則繼續重複研究方法(二)的步驟。
- (四)當第一滴水流出後，紀錄所花費的時間。接著打開小水龍頭，將容器內逕流的水量集中至燒杯中(圖 3-18)，並測量數據。再計算完全乾燥的土壤，總共吸收了多少水分。
- (五)接著我們實驗持續降雨的模擬情形，設定時間為**下雨 1~3 小時**，**每 1 小時倒入 100ml** 的水。在每 1 個小時結束時，記錄水的逕流量和滲透量，最後我們將研究結果做成表格紀錄(圖 3-19)，再進行比較分析。

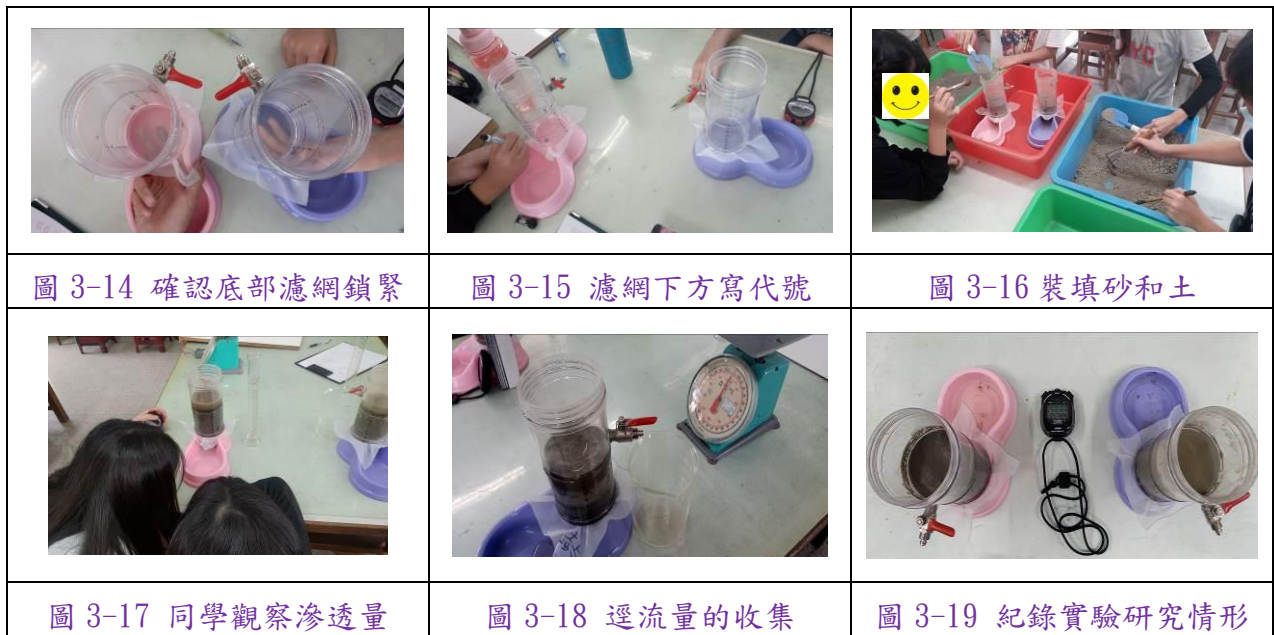


圖 3-14 確認底部濾網鎖緊

圖 3-15 濾網下方寫代號

圖 3-16 裝填砂和土



圖 3-17 同學觀察滲透量



圖 3-18 逕流量的收集



圖 3-19 紀錄實驗研究情形

三、研究結果

- (一)砂和土對水的逕流量和滲透量紀錄整理成表 3-1。
並繪製成柱狀圖及長條圖(圖 3-20、圖 3-21)

表 3-1 砂和土對水的逕流量和滲透量紀錄表

| 每小時加 100 毫升 | | 砂 10 | 土 10 |
|---------------|-------|---------------------|---------------------|
| 開始滲透 | 時間點 | 1 時 2 分 12 秒 | 2 時 11 分 3 秒 |
| 即停止計 時並記錄 | 合計加水量 | 200ml | 300ml |
| | 含多少水量 | 144ml | 216ml |
| | 逕流水量 | 56ml | 84ml |
| 第 1 個 h(時) | 逕流水量 | 0ml | 58ml |
| | 滲透水量 | 95ml | 41ml |
| | 含多少水量 | 5ml | 1ml |
| 第 2 個 h(時) | 逕流水量 | 0ml | 49ml |
| | 滲透水量 | 96ml | 46ml |
| | 含多少水量 | 4ml | 5ml |
| 第 3 個 h(時) | 逕流水量 | 0ml | 55ml |
| | 滲透水量 | 94ml | 44ml |
| | 含多少水量 | 6ml | 1ml |

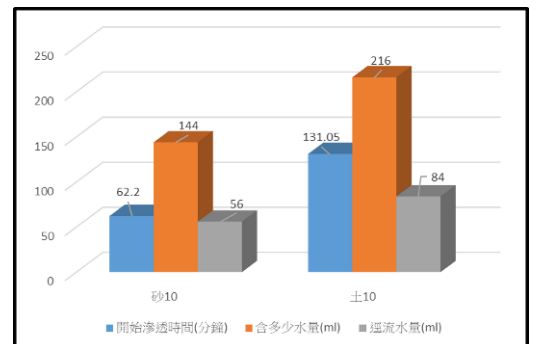


圖 3-20 砂 10 和 10 土開始滲透時間、含水量、逕流水柱狀圖

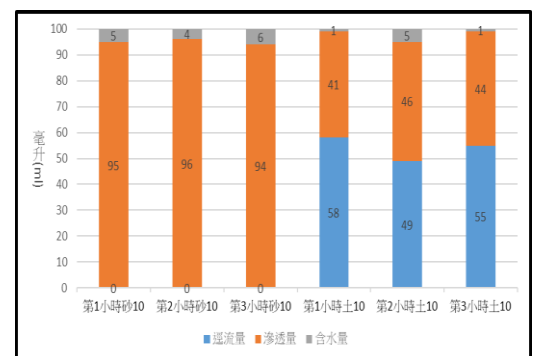
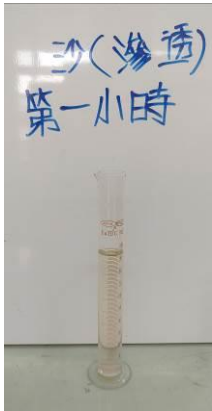





圖 3-21 砂 10 和 10 土 1-3 小時水的逕流和滲透長條圖

| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| 圖 3-22 砂 10 第 1 次滲透 95ml | 圖 3-23 土 10 第 1 次滲透 58ml | 圖 3-24 砂 10 第 3 次滲透 94ml | 圖 3-25 土 10 第 3 次滲透 44ml |

四、結果討論

(一)經由表 3-1 的統計結果中，我們發現：

1. 相同體積的砂和土，砂在倒入第 2 次 100ml 水量 2 分鐘後，水很快地就從底部滲透。土則是在倒入第 3 次 100ml 水量 11 分鐘後，才從底部滲透出來。
2. 砂在飽含水分後，第 1~3 小時再倒入的水，大部分都能滲透，地表均無逕流。
3. 土在飽含水分後，第 1~3 小時再倒入的水，有將近一半以上無法滲透或吸收，而成為地表逕流。

(二)從圖 3-20、3-21 的統計圖中，我們發現：

1. **相同體積的砂和土，土的含水量比砂的含水量多**，且土需要較多的時間才能完全吸滿水分。
2. **相同體積的砂和土，砂的滲透量大於土的滲透量**，因此**砂的滲透性較佳**。全國科展第 57 屆作品「晰析壤壤！--土壤物理性質及簡單分類之研究」，研究結果提及土壤滲透性，受土壤顆粒大小影響，**顆粒平均粒徑越大，滲透性越好**，從研究問題二結果得知我們所採集的砂比土顆粒大的部分較多，實驗結果相符。
3. 相同體積的砂和土，砂的滲透性較佳，所倒入的水全都往下滲透，因而無地表逕流。土則因滲透較慢，相同時間內，無法將水完全滲透。若持續性超大豪雨發生，以土為主的地表，若無完善的排水系統，則會因地表逕流產生積水情形。

【研究問題四：不同比例組合的校園土壤，逕流與滲透的情形有何異同？】

一、研究想法

我們在中庭樟樹下進行校園採集土壤試作時，土壤表層是砂，但往下挖時卻出現土層，原來校園中的土壤，不一定是單一的土壤層，因此我們思考如果砂和土以不同比例來組成地表，若能各自發揮自己的特性，那麼土壤的逕流與滲透情形又會是如何呢？因此展開研究問題四的實驗。

二、研究方法

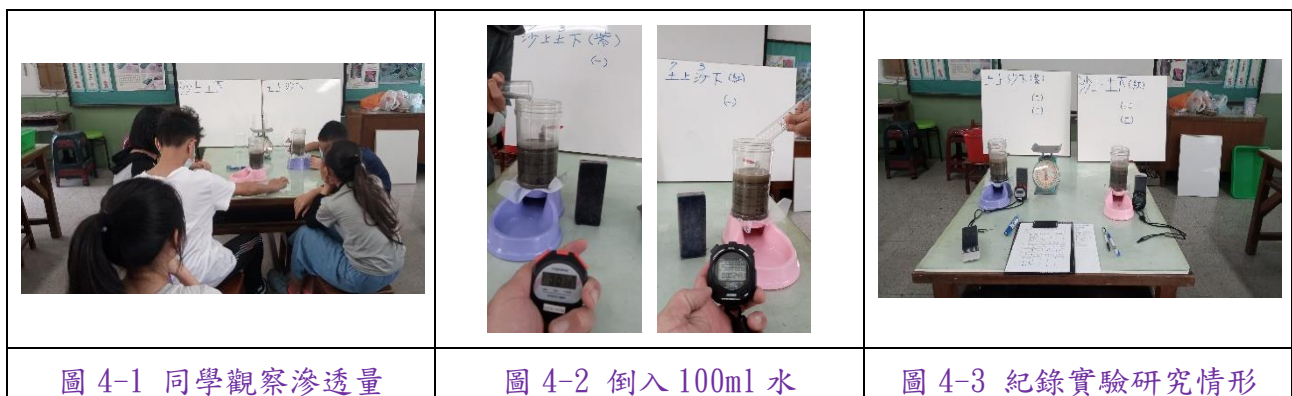
(一)我們將砂和土設定比例為7:3、5:5、3:7，砂和土再分別放上層或下層，來進行實驗。

將砂和土依實驗項目裝入自製改造容器中，砂土量的比例依容器外的數字1~10刻度來量測，研究四中我們所組合實驗的土壤層，整理為下表4-1所示。

表 4-1 各項實驗砂和土的比例及位置代號與說明表

| 序號 | 比例名稱(代號) | 說明 |
|----|----------|-----------------|
| A | 砂上7土下3 | 上層填砂7等分、下層填土3等分 |
| B | 砂上5土下5 | 上層填砂5等分、下層填土5等分 |
| C | 砂上3土下7 | 上層填砂3等分、下層填土7等分 |
| D | 土上7砂下3 | 上層填土7等分、下層填砂3等分 |
| E | 土上5砂下5 | 上層填土5等分、下層填砂5等分 |
| F | 土上3砂下7 | 上層填土3等分、下層填砂7等分 |

(二)接下來的研究方法，均與研究問題三相同。圖4-1、4-2、4-3呈現部分實驗過程。



三、研究結果

(一)為了方便與研究三結果共同討論，在這裡也將研究三的結果一起整理成表4-2和表4-3。

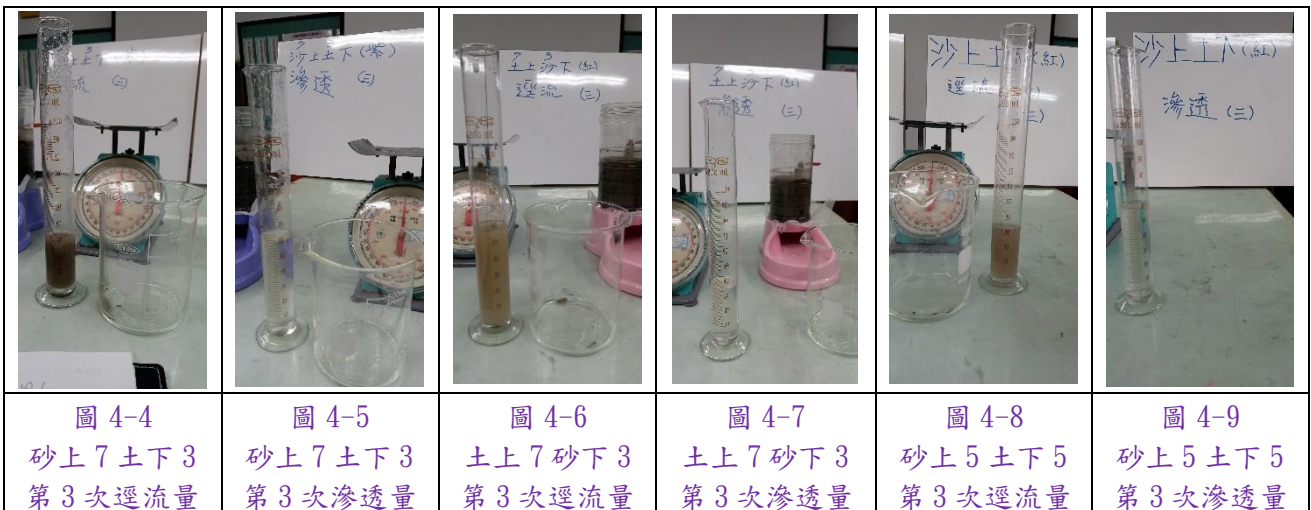
表 4-2 不同比例的「砂在上層土在下層」時，對水的逕流量和滲透量紀錄表

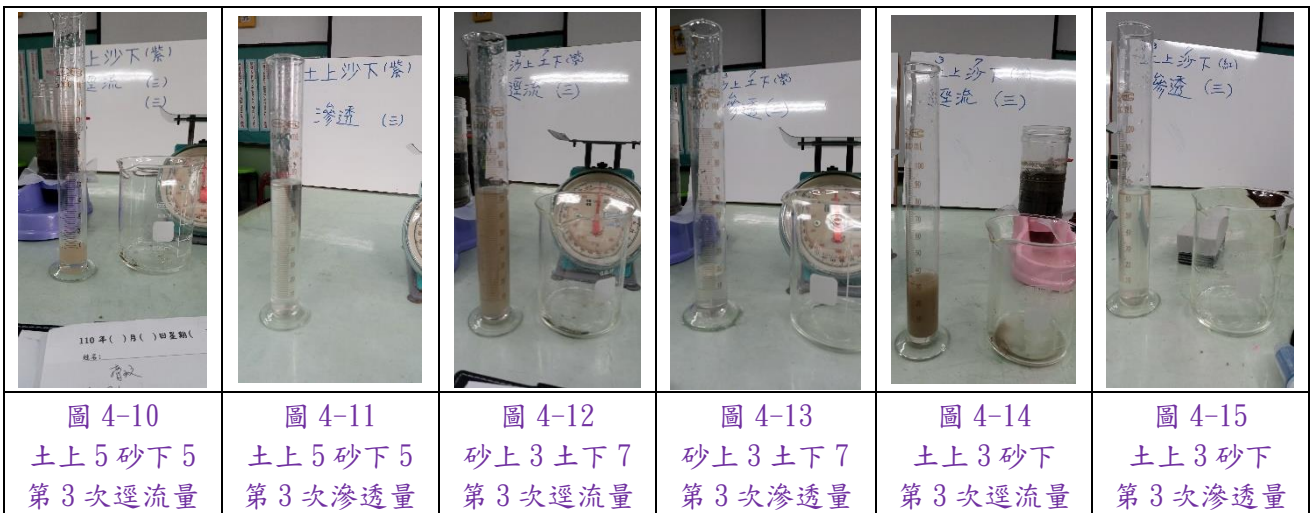
| 每小時加 100 毫升 | | 砂 10 | 砂上 7 土下 3 | 砂上 5 土下 5 | 砂上 3 土下 7 |
|--------------|-------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| 開始滲透即停止計時並記錄 | 時間點 | 1 時 2 分 12 秒 | 1 時 1 分 50 秒 | 1 時 10 分 29 秒 | 1 時 37 分 9 秒 |
| | 合計加水量 | 200ml | 200ml | 200ml | 200ml |
| | 含多少水量 | 144ml | 173ml | 184ml | 195ml |
| | 逕流量 | 56ml | 27ml | 16ml | 5ml |

| | | | | | |
|---------------|-------|------|------|------|------|
| 第 1 個 h(時) | 逕流水量 | 0ml | 0ml | 15ml | 71ml |
| | 滲透水量 | 95ml | 88ml | 81ml | 21ml |
| | 含多少水量 | 5ml | 12ml | 4ml | 8ml |
| 第 2 個 h(時) | 逕流水量 | 0ml | 16ml | 31ml | 79ml |
| | 滲透水量 | 96ml | 75ml | 65ml | 19ml |
| | 含多少水量 | 4ml | 9ml | 4ml | 2ml |
| 第 3 個 h(時) | 逕流水量 | 0ml | 31ml | 33ml | 75ml |
| | 滲透水量 | 94ml | 62ml | 61ml | 18ml |
| | 含多少水量 | 6ml | 7ml | 4ml | 7ml |

表 4-3 不同比例的「土在上層砂在下層」時，對水的逕流量和滲透量紀錄表

| 每小時加 100 毫升 | | 土 10 | 土上 7 砂下 3 | 土上 5 砂下 5 | 土上 3 砂下 7 |
|--------------------------|-------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| 開始滲 透即停 止計時 並紀錄 | 時間點 | 2 時 11 分 3 秒 | 1 時 14 分 48 秒 | 1 時 17 分 51 秒 | 1 時 33 分 42 秒 |
| | 合計加水量 | 300ml | 200ml | 200ml | 200ml |
| | 含多少水 | 216ml | 177ml | 170ml | 165ml |
| | 逕流水量 | 84ml | 23ml | 30ml | 35ml |
| 第 1 個 h(時) | 逕流水量 | 58ml | 37ml | 37ml | 14ml |
| | 滲透水量 | 41ml | 57ml | 56ml | 83ml |
| | 含多少水量 | 1ml | 6ml | 7ml | 3ml |
| 第 2 個 h(時) | 逕流水量 | 49ml | 58ml | 39ml | 13ml |
| | 滲透水量 | 46ml | 37ml | 59ml | 82ml |
| | 含多少水量 | 5ml | 5ml | 2ml | 5ml |
| 第 3 個 h(時) | 逕流水量 | 55ml | 59ml | 34ml | 10ml |
| | 滲透水量 | 44ml | 36ml | 64ml | 84ml |
| | 含多少水量 | 1ml | 5ml | 2ml | 6ml |





(二)將表 4-2 及 4-3 數據結果，整理成柱狀圖及長條圖，如圖 4-16、4-17、4-18。

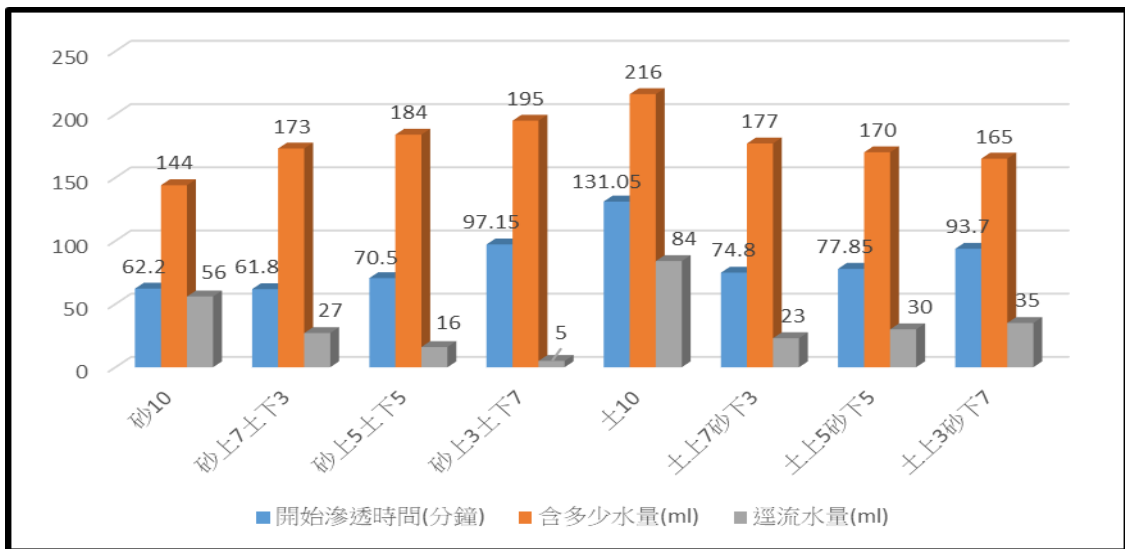


圖 4-16 不同比例砂和土且不同裝填位置土壤之開始滲透時間、含水量、逕流量柱狀圖

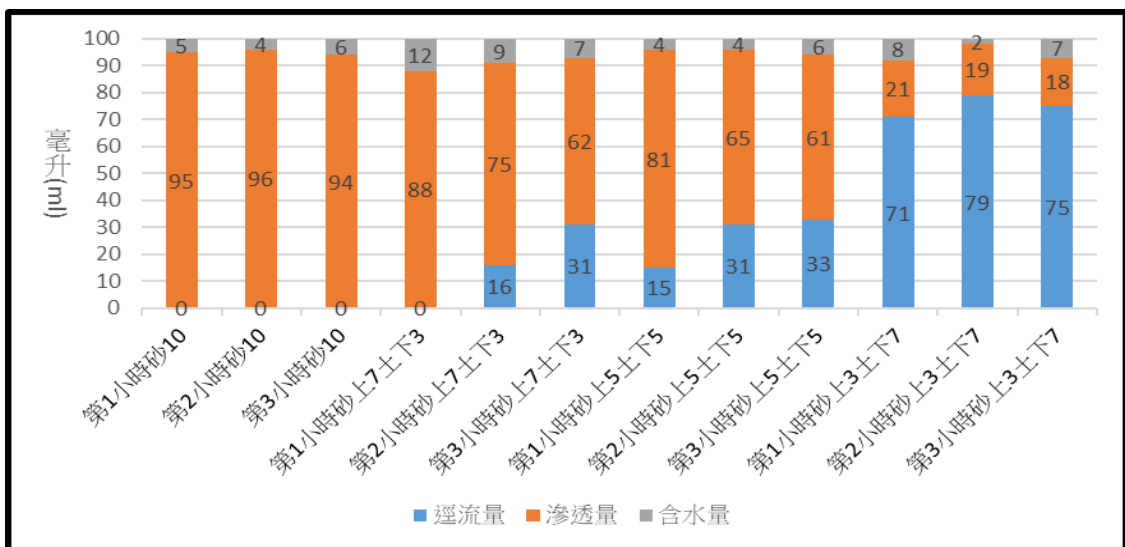


圖 4-17 不同比例的「砂在上層土在下層」，第 1~3 小時水的逕流量和滲透量長條圖

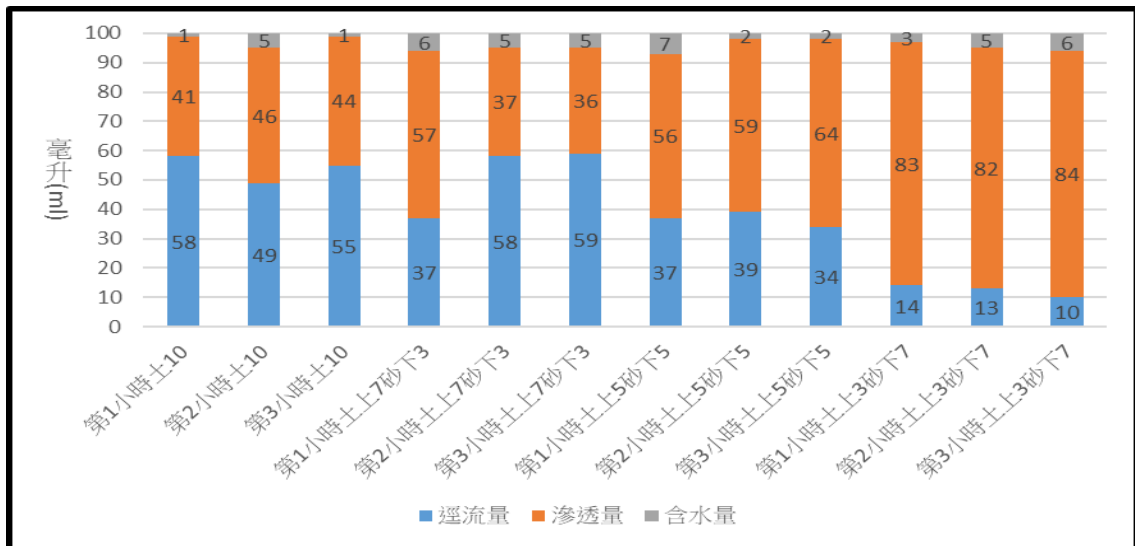


圖 4-18 不同比例的「土在上層砂在下層」，第 1~3 小時水的逕流量和滲透量長條圖

四、結果討論

(一)經由表 4-2 的統計結果中，我們發現：

1. 組合土壤裝填位置「砂上土下」時，當**土的比例越高**，組合土壤的**含水量**，越來**越多**。
2. 從組合土壤完全滲透的時間來看，**砂上 7 土下 3 時間最快**，其次是砂上 5 土下 5，最慢的是砂上 3 土下 7。在實驗過程中發現，當砂的比例越高、土的比例越低時，倒入的水越快滲入砂層中，但水來到土層速度會減緩。上層的砂滲透速度快，下層的土越多，越需要吸取更多的水才能滲透，因此需要較長的時間。
3. 但砂上 7 土下 3 完全滲透時間，比研究三砂 10 來得少一些，和我們事先預想「砂的比例越高，滲透性越佳」有所不同。我們上網查詢資料及討論後發現，土壤顆粒會因排列不同，而造成孔隙不同，使水的滲透速度有所不同。我們在填裝土壤時，我們已盡可能保持相同條件，但仍有可能因為動作力道些許不同，使得土壤孔隙有所差異而導致此結果。
4. 在砂上土下實驗中，土壤飽含水分後，第 1~3 小時再倒入的水，隨著土壤中**砂的比例越來越少**，**土的比例越來越多**，土壤的**滲透量越來越少**，**逕流量越來越多**。

(二)經由表 4-3 的統計結果中，我們發現：

1. 組合土壤裝填位置「土上砂下」時，當**土的比例越高**，組合土壤的**含水量**，越來**越多**。
2. 從組合土壤完全滲透的時間來看，**土上 7 砂下 3 時間最快**，其次是土上 5 砂下 5，最慢的是土上 3 砂下 7。這樣的結果使我們覺得驚奇，共同討論後發現，顆粒較小的土層，在水流的帶動下，會向下填入砂顆粒孔隙中，使得交界處的土壤孔隙更小，水的滲透速度更慢。土的比例越高，交界處越低，水流至交界處的速度較緩慢，土填入砂孔隙的狀況比較少，因此土上 7 砂下 3 的組合土壤，能最快能完全滲透。
3. 在土上砂下實驗中，土壤飽含水分後，第 1~3 小時再倒入的水，隨著土壤中**砂的比例越來越高**，**土的比例越來越少**，土壤的**滲透量**幾乎是越來**越多**，**逕流量越來越少**。

(三)綜合討論

1. 組合土壤上下層**比例相同**，**土在上層、砂在下層**時，**土壤完全滲透的時間**均比較**長**。
2. 土壤飽含水分後，第 1~3 小時再倒入的水，組合土壤中，不論砂在上層或在下層，只要是**砂層的比例越高**，土壤的**滲透量較多**，**逕流量較少**。不論土在上層或在下層，只要是**土層的比例越高**，土壤的**滲透量較少**，**逕流量較多**。
3. 組合土壤中土層比例越高，含水量越高，但含水飽和後，逕流量較高。組合土壤中砂層的比例越高，含水量越低，但含水飽和後，滲透量較高。

【研究問題五：以不同比例混合後的校園土壤，逕流與滲透情形有何異同？】

一、研究想法

團隊成員中有位爸爸曾在學校做過增加土壤透水的校園環境改善工程，是先鋪上一層稱為「級配」的土壤(裡面有不同粒徑大小)，再鋪上表面的石礫，來解決校園大雨積水的情形。因此我們思考如果將研究問題四中不同比例的組合土壤，不再是分成上下層而是充分攪拌混合，這樣的土壤它的逕流與滲透的情形是否會有所不同，於是我們展開研究五的實驗。

二、研究方法

(一)我們先利用自製容器的刻度，取出實驗需要的土壤比例，接著將砂和土倒入塑膠罐中(圖 5-1)，作上下、左右、前後的方向各搖晃來回 50 次後(圖 5-2、5-3、5-4)，先裝入透明塑膠袋中，並將混合比例的代號寫在塑膠袋的外層(圖 5-5)。研究五中我們所混合實驗的土壤比例，整理為下表 5-1 所示。

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 圖 5-1 混合砂土倒入盒子 | 圖 5-2 左右來回混合砂土 | 圖 5-3 上下來回混合砂土 |
|  |  |  |
| 圖 5-4 前後來回混合砂土 | 圖 5-5 寫上混合砂土名稱 | 圖 5-6 倒入自製改造容器 |

表 5-1 砂和土的混合比例代號與說明表

| 序號 | 比例名稱(代號) | 說明 |
|----|-------------|----------------------|
| A | (混合)砂 7 土 3 | 取砂 7 等分和取土 3 等分後均勻混合 |
| B | (混合)砂 5 土 5 | 取砂 5 等分和取土 5 等分後均勻混合 |
| C | (混合)砂 3 土 7 | 取砂 3 等分和取土 7 等分後均勻混合 |

(二)將混合好的砂土倒入自製容器中，接下來的研究方法，均與研究問題三相同。

三、研究結果

(一)不同比例砂和土的混合土壤，對水的逕流量和滲透量紀錄，如表 5-2。

表 5-2 不同比例砂和土的混合土壤，對水的逕流量和滲透量紀錄表

| 每小時加 100 毫升 | | (混合)砂 7 土 3 | (混合)砂 5 土 5 | (混合)砂 3 土 7 |
|--------------|-------|--------------|---------------|---------------|
| 開始滲透即停止計時並記錄 | 時間點 | 1 時 7 分 20 秒 | 1 時 28 分 45 秒 | 1 時 22 分 23 秒 |
| | 合計加水量 | 200ml | 200ml | 200ml |
| | 含多少水量 | 172ml | 147ml | 163ml |
| | 逕流量 | 28ml | 53ml | 37ml |
| 第 1 個 h(時) | 逕流量 | 0ml | 18ml | 25ml |
| | 滲透水量 | 96ml | 78ml | 71ml |
| | 含多少水量 | 4ml | 4ml | 4ml |
| 第 2 個 h(時) | 逕流量 | 0ml | 32ml | 40ml |
| | 滲透水量 | 96ml | 59ml | 57.5ml |
| | 含多少水量 | 4ml | 9ml | 2.5ml |
| 第 3 個 h(時) | 逕流量 | 0ml | 38ml | 47ml |
| | 滲透水量 | 94ml | 50ml | 50ml |
| | 含多少水量 | 6ml | 12ml | 3ml |



圖 5-7
混合砂 7 土 3
第 2 次逕流量



圖 5-8
混合砂 7 土 3
第 2 次滲透量

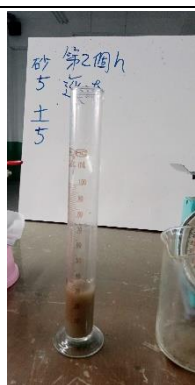


圖 5-9
混合砂 5 土 5
第 2 次逕流量



圖 5-10
混合砂 5 土 5
第 2 次滲透量

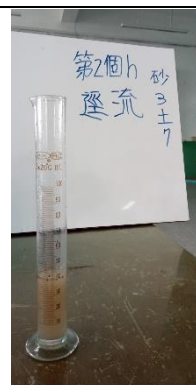


圖 5-11
混合砂 3 土 7
第 2 次逕流量



圖 5-12
混合砂 3 土 7
第 2 次滲透量

(二)將表 5-2 數據結果，整理成柱狀圖及長條圖，如圖 5-13、5-14。

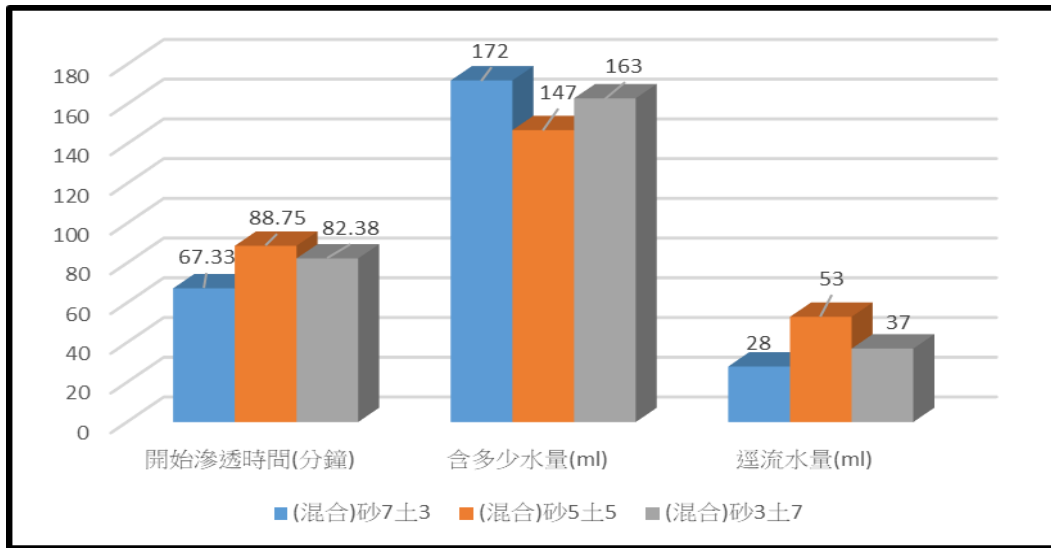


圖 5-13 不同比例砂和土的混合土壤之開始滲透時間、含水量、逕流量柱狀圖

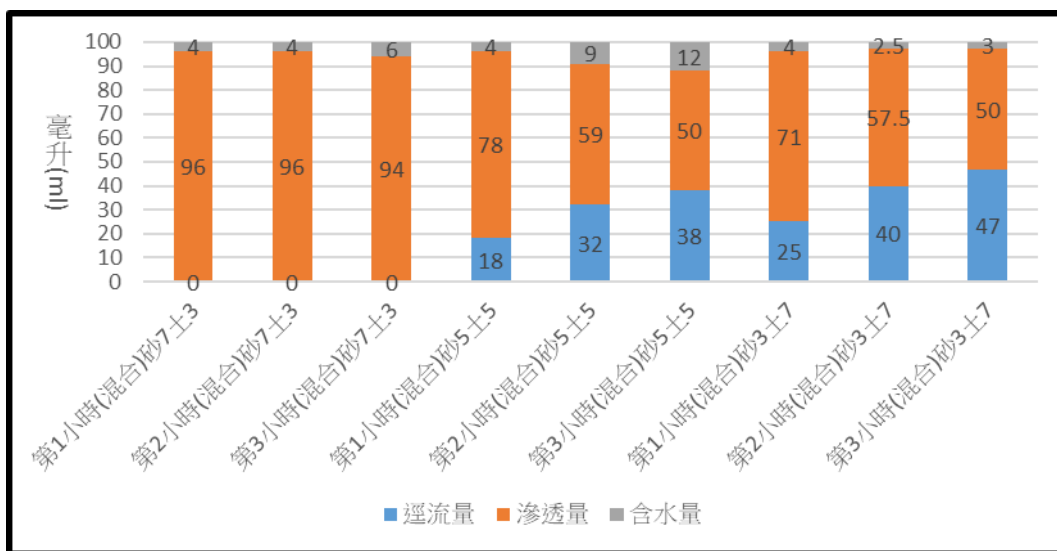


圖 5-14 不同比例砂和土的混合土壤，第 1~3 小時水的逕流量和滲透量之長條圖

四、結果討論

經由表 5-2、圖 5-13、圖 5-14 的統計結果中，我們發現：

- (一)砂 7 土 3 的混合土壤，完全滲透的時間最短，其次是砂 3 土 7 的混合土壤，完全滲透時間最長的是砂 5 土 5 的混合土壤。
- (二)混合土壤的含水量部分，砂 7 土 3 的混合土壤含水量最多，其次是砂 3 土 7 的混合土壤，含水量最少的是砂 5 土 5 的混合土壤。

(三)不同比例砂和土的混合土壤在飽含水分後，接著第1~3小時再倒入水後，混合土壤中**砂的比例越高、土的比例越低**，混合土壤的**逕流量越少，滲透量越多**。這個部分的實驗結果，與研究三砂10的滲透量大於土10的滲透量，結果相符。土壤中砂的比例越高，越能使水滲透，增加水分保存，也能使地表逕流減少，避免積水造成不便。

五、綜合討論

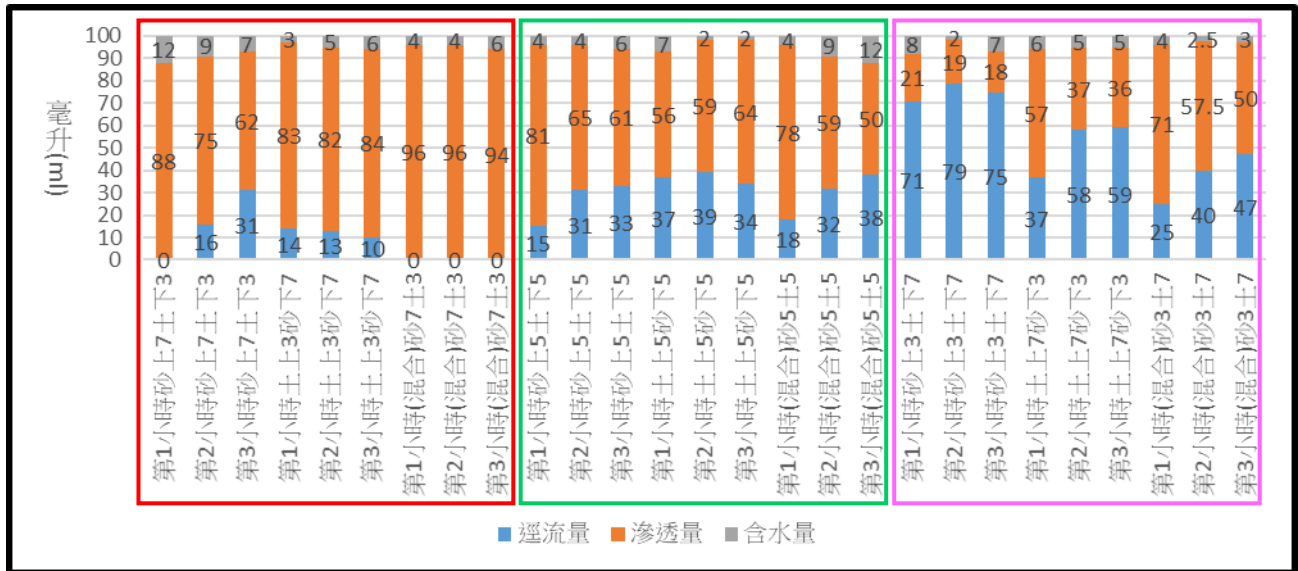


圖 5-15 研究四和五所有土壤，第1~3小時水的逕流量和滲透量之長條圖

- (一)在土壤比例為**砂7土3**時，土3在上層砂7在下層時，滲透的水量較少，逕流量較多。
均勻混合砂7土3時，第1~3小時的逕流量均為0，滲透的水量均是最高的。
- (二)在土壤比例為**砂5土5**時，土5在上層砂5在下層時，滲透的水量較少一些，逕流量較多一些。砂5在上層土5在下層時，滲透量略多一些，逕流量略少一點。
- (三)在土壤比例為**砂3土7**時，砂3在上層土7在下層時，滲透量較少，逕流量最多。均勻混合砂3土7時，滲透量較多，逕流量較少。
- (四)**土壤中土的比例越高**，對其滲透量及逕流量影響較多，會使其**滲透量下降，逕流量提升**。反之**土壤中砂的比例越高**，則會使**滲透量提高，逕流量下降**。從實驗結果看來，在同比例的砂土中，均勻的混合砂土，能使其滲透量提高，逕流量下降。
- (五)以我們實驗的結果來看，地表如果全部都是砂，滲透量大逕流量少，大雨來時最快能將雨水滲透，不造成積水，但砂地土質較鬆軟，走起來較費力，也容易弄得到處都是砂。可以選擇將砂和土依7:3的比例來混合，這樣的混合土壤，也是滲透量大逕流量少，土質較扎實些，更適合當成土壤來把水留在地底下。

陸、研究結論

一、校園不同地點土壤的環境特性

- (一)我們將操場旁跳遠場所採集的土壤，命名為砂，教務處後方空地所採集的土壤，命名為土。經過秤重發現砂顆粒重量比土顆粒重量還要多重一些。
- (二)砂顏色偏灰色、土顏色偏黃褐色。教務處後方的土，因為大花紫薇樹木阻擋陽光，土壤挖開後用手摸起來比較潮濕，眼睛看起來土壤顏色比較深，上層土和下層土都屬深黃褐色的樣貌。跳遠場的砂挖開後，砂下層和上層的顏色有深淺的差別。
- (三)從顯微鏡裡看砂顆粒形狀比較長一些，而且稜角比較多，摸起來有粗糙的感覺。而土顆粒較細緻，又有一些已經變成更細的顆粒，所以摸起來會有粉粉的觸感。

二、校園不同地點土壤顆粒大小差異

- (一)跳遠場 20 公分土壤深度中，砂的粒徑有 71.75%是大於 0.42mm，其中篩網第 2 層 (0.42~2mm)所佔重量平均百分比為 61.14%，土僅為 33.83%，顯示砂顆粒大的部分比土來得多。
- (二)教務處後方空地 20 公分土壤深度中，土在粒徑小於 0.074mm 以下的重量百分比總和為 29.88%，砂僅為 1.51%，顯示土顆粒小的部分比砂來得多。

三、校園不同地點的土壤，逕流與滲透的變化情形

- (一)相同體積的砂和土，土的含水量比砂的含水量多，且土需要較多的時間才能完全吸滿水分。
- (二)相同體積的砂和土，砂的滲透量大於土的滲透量，因此砂的滲透性較佳。。
- (三)相同體積的砂和土，砂的滲透性較佳，所倒入的水全都往下滲透，因而無地表逕流。土則因滲透較慢，相同時間內，無法將水完全滲透。若持續性超大豪雨發生，以土為主的地表，若無完善的排水系統，則會因地表逕流產生積水情形。

四、以不同比例組合的校園土壤，逕流與滲透的變化情形

- (一)組合土壤上下層比例相同，土在上層、砂在下層時，土壤完全滲透的時間均比較長。因為顆粒較小的土層，在水流的帶動下，會向下填入砂顆粒孔隙中，使得交界處的土壤孔隙更小，水的滲透速度更慢。
- (二)土壤飽含水分後，第 1~3 小時再倒入的水，組合土壤中，不論砂在上層或在下層，砂層的比例越高，土壤的滲透量較多，逕流量較少。而土層的比例越高，土壤的滲透量較少，逕流量較多。

(三)組合土壤中砂層的比例越高，含水量越低，但含水飽和後，滲透量較高；組合土壤中土層比例越高，含水量越高，但含水飽和後，逕流量較高。

五、以不同比例混合後的校園土壤，逕流與滲透的變化情形

(一)不同比例砂和土的混合土壤在飽含水分後，接著第1~3小時再倒入水後，其中**砂的比例越高、土的比例越低**，混合土壤的**逕流量越少，滲透量越多**。這與研究三砂10的滲透量大於土10的滲透量，結果相符。土壤中砂的比例越高，越能使水滲透，增加水分保存，也能使地表逕流減少，避免積水造成不便。

(二)土壤中**砂的比例越高**，會使**滲透量提高，逕流量下降**；土壤中**土的比例越高**，會使其**滲透量下降，逕流量提升**。從實驗結果看來，**均勻的混合砂土**，能使其**滲透量提高，逕流量下降**，這比研究四不同比例組合的土壤，其留水效果更佳。

(三)以實驗的結果來看，選擇將砂和土依7:3的比例來混合，這樣的混合土壤，其滲透量大逕流量少，土壤性質比較扎實些，更適合當成土壤來把水留在地底下。

柒、參考文獻

一、入滲。(2020年12月28日)。臺北市：教育部。取自

<http://163.28.84.216/Entry/Detail/?title=%E5%85%A5%E6%BB%B2>

二、逕流。(2020年12月28日)。新北市：經濟部中央地質調查所。取自

<https://twgeoref.moeacgs.gov.tw/GipOpenWeb/wSite/ct?xItem=146491&mp=105&ctNo=1233>

三、黃冠霖等，「大地口渴了-鋪面透水性研究」中華民國第45屆中小學科展高職組土木組，國立臺灣科學教育館，台北。

四、廖品喆等，「高屏溪”沙”很大」，中華民國第50屆中小學科展國小組地球科學科，國立臺灣科學教育館，台北。

五、蘇靖恩等，「晰析攘壤！--土壤物理性質及簡單分類之研究」，中華民國第57屆中小學科展國小組地球科學科，國立臺灣科學教育館，台北。