

屏東縣第 65 屆科學展覽會

作品說明書

科別：地球科學科

組別：國中組

作品名稱：能不能留住「泥」？

~探討如何增加土壤的水土保持能力~



關鍵詞：土石流、水土保持、土壤性質

編號：B5003

目錄

摘要.....	p.1
壹、前言.....	p.2-p.4
研究動機、研究目的、探討文獻、實驗設計與流程.....	p.2-p.4
貳、實驗材料與器材.....	p.5
參、研究過程與方法.....	p.6-p.9
肆、實驗結果與討論.....	p.10
一、 先備實驗.....	p.10-p.11
二、 正式實驗.....	p.12-p.19
(一) 探勘屏東縣三地門附近土石流易發生區土壤表層覆蓋土質 與較原始森林的差異.....	p. 12-p. 13
(二) 探討一般校園土、紅土、培養土、三地村的土、德文村的土(易發生土石流地區)對 水的吸收能力及吸收量的差異情形.....	p. 14-p. 15
(三) 炭土對土壤對水的吸收能力及吸收量的影響.....	p. 16-p. 17
(四) 落葉對土壤對水的吸收能力及吸收量的影響.....	p. 17-p. 19
伍、問題與討論.....	p.19-p.23
陸、結論.....	p.23-p.24
柒、參考文獻.....	p.24

摘要

台灣地形多山，每逢颱風或豪雨，常發生土石流災害，尤其在屏東縣的三地門鄉、瑪家鄉等山區，對當地居民、基礎建設及生態環境造成嚴重威脅。因此，本研究透過模型實驗，探討不同土壤條件對土石流發生的影響，以提升對土石流的了解，並為防災提供參考。

本實驗選取 校園中土壤、屏東山區常見的紅土、模擬野外腐植土的培養土，以及來自三地村、德文村的土壤（位於土石流易發區），並在不同條件下進行測試。此外，實驗中混合不同添加物（如碳土、落葉等），模擬降雨作用下的情境，測量並比較各種土壤的**保水性、滲透性及吸水能力**，以分析不同土壤對水分的影響，進一步探討土壤穩定性與土石流風險之關聯。

實驗結果顯示，紅土保水性較佳但滲透較慢，培養土則具良好吸水與排水能力，而三地村土壤滲透不穩定，流失水量較高。此外，添加炭土可顯著提升土壤保水能力（除了培養土），而落葉雖然能提升滲透能力，但其餘能力提升效果沒有炭土顯著，甚至使能力下降，因此較不適用於添加進土壤。本研究結果可應用於土壤改良，以降低土石流風險並提升土壤穩定性。



壹、前言

一、研究動機

台灣是個山多平原少的島嶼，就拿我們所居住的屏東縣來說，像三地門鄉、瑪家鄉、霧台鄉、獅子鄉等，都是位於多山的環境中，因此每當有下雨、或是颱風過境，就很容易會有土石流發生，造成當地居民經濟損失、房屋毀損等，也因為如此，激起了我們對探討土石流的慾望，希望能透過我們的實驗結果，對土石流的防範盡一份心力。

我們的實驗是以土壤的種類作為主要的操作變因，研究紅土、校園土、培養土、以及三地村、德文村土壤的滲透率、吸水能力等，且嘗試以炭土及落葉，混合不同的土壤，研究添加物對於土壤滲透率、吸水能力的影響，看看能否取代生成時間較長的腐植土，也希望可以在雨勢較大時，減緩土石流的發生。

二、實驗目的

(一)探勘屏東縣三地門附近土石流易發生區土壤表層覆蓋土質與較原始森林的差異

(二)探討一般校園土、紅土、培養土、三地村的土（易發生土石流地區）、德文村的土（易發生土石流地區）對水的吸收能力及吸收量的差異情形

(三)炭土對土壤對水的吸收能力及吸收量的影響

(四)落葉對土壤對水的吸收能力及吸收量的影響

三、文獻探討

(一) 過去的研究:

土壤的滲透性與保水性對於水土保持至關重要。過去研究指出，土壤類型與腐植層的保存狀況對水分調節與土石流風險有顯著影響。(參考一)

《大地的海綿寶寶--腐植土與山坡地的吸收能力》研究發現，腐植土吸水量高且滲透性良好，能有效減少雨水直接沖刷土地的影響。然而，當腐植層被破壞，即使山坡地仍有樹木，土壤的穩定性依然會降低，導致水土流失風險提升。(參考一)

《水土比一比》則探討土壤含水量與穩定性的關聯，發現土壤達到飽和時黏性增強，但當超過飽和程度時，土壤會變得鬆散，增加崩塌與土石流風險。(參考二)

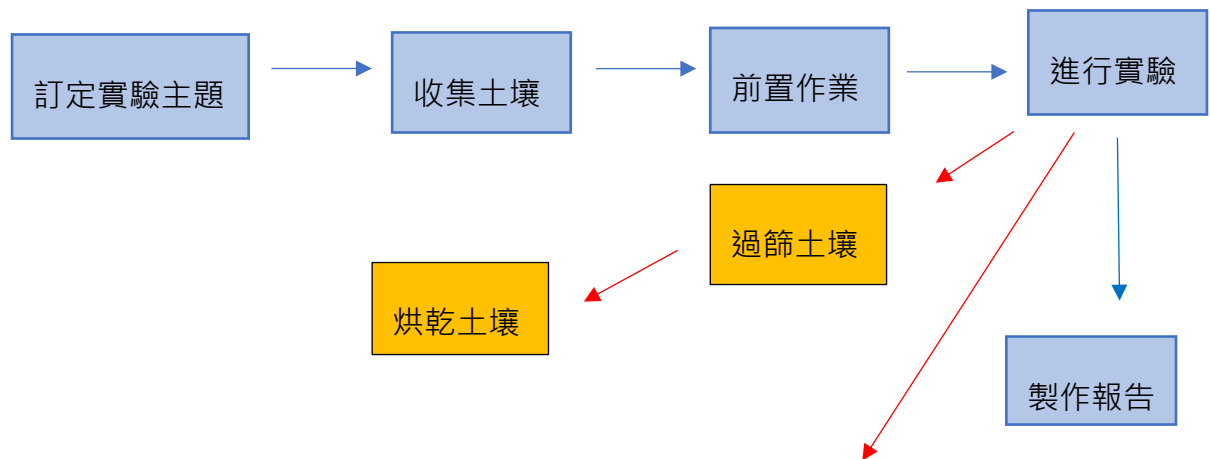
我們發現，現有研究雖然證明了腐植層與含水量對土壤穩定性的影響，但尚未探討土壤改良的方法，且生成腐植土需要很長一段時間，也不是每個地點都有，因此本研究嘗試使用較易取得的碳土及落葉，作為改良材料，添加至各種土壤中，希望能顯著提高紅土與山區土壤的保水能力，減少水分流失並提升土壤穩定性。此外，我們透過降雨模擬，比較不同土壤類型與添加物的影響，補足過去研究中未能細分土壤類型的不足。這些發現將有助於未來水土保持與土石流防治的實務應用。

(二) 名詞解釋：

- 1.保留時間：指水在土壤中停留的時間，即將水倒入土中後，開始計時，直到水通過泥土流出第一滴水，停止計時。**保留時間越長，水就停留在土中越久，而對於土石流的影響，此項能力越久越好。**(單位：XX.XX 秒)
- 2.滲透時間：指水在土表停留的時間，即將水倒入土中後，開始計時，剛開始水會積在土表，而當水完全沒入土中後，停止計時。**滲透時間越短，水就越快進入土壤，而對於土石流的影響，此項能力越快越好。**(單位:XX.XX 秒)
- 3.流出水量：指所有能滴出的水的總量，即等到能滴出的水全部滴出後，測量流出(燒杯中)的水量。**流出水量越少，水就越能被土壤吸收，而對於土石流的影響，此項能力越少越好。**(單位: mL)

4.吸收水量：指倒入的水量減去流出水量，即等到能滴出的水全部滴出後，殘留在土裡的水量。**吸收水量越多，水就越能被土壤吸收，而對於土石流的影響，此項能力越多越好。**(單位: mL)

四、實驗設計與流程



- (一)探勘屏東縣三地門附近土石流易發生區土壤表層覆蓋土質與較原始森林的差異
- (二)探討一般紅土、校園土、培養土、三地村的土(易發生土石流地區)、德文村的土(易發生土石流地區) 對水的吸收能力及吸收量的差異情形
- (三)炭土對土壤對水的吸收能力及吸收量的影響
- (四)落葉對土壤對水的吸收能力及吸收量的影響

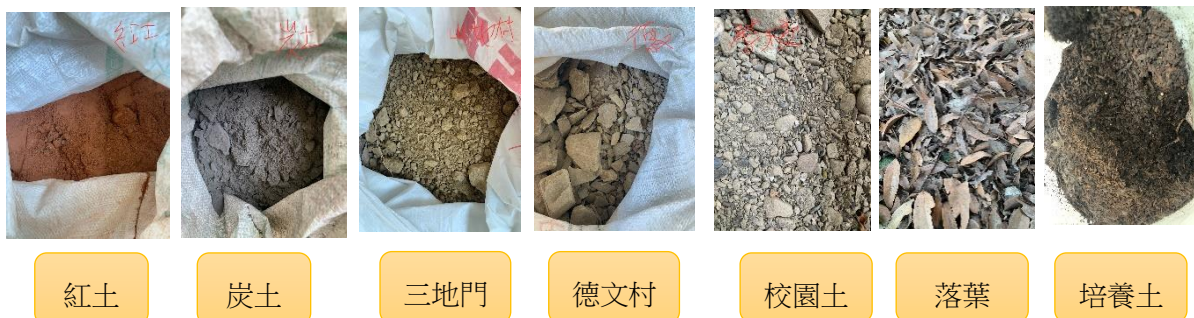
貳、實驗器材

			
紅土	培養土	三地村的土	落葉
			
炭土	計時器	裝土容器	濾網
			
烤箱	電子秤	量筒	載土裝置
			
燒杯	下雨模擬器	篩網	實驗裝置
			
德文村的土	校園土		

參、研究過程與方法

※先備實驗

一、採集土壤



二、利用篩網將土壤過篩成不同大小的顆粒

由於土壤含有眾多不同大小的顆粒，且各種顆粒大小都含有不同的性質，若沒有細分，實驗數據的差異就會較大，進而影響得出的結論，因此設計先備實驗，以尋找適合的顆粒大小。

為了確保土壤顆粒大小範圍一致，我們使用篩網篩分收集到的土壤樣本，再分為不同粒徑的級別，並且測試其滲透時間、保水時間、流出水量、吸收水量，選出適合本次實驗之顆粒大小。這不僅能減少變因干擾，也有助於後續分析土壤顆粒大小，對於吸水與滲透性的影響。

使用篩網（篩孔尺寸：0.5 mm、1 mm）分離土壤樣本，並將其分為以下四類：

未過濾土壤（未篩選，保持原始狀態）

大顆粒土壤（無法過 1mm 篩網）

中顆粒土壤

（可過 1mm 篩網、不可過 0.5mm 篩網）

小顆粒土壤（可過 0.5mm 篩網）



(二)製作測量土壤性質的工具

1. 將寶特瓶頭尾切開，並將外膜撕掉以方便觀察，即為載土裝置。
2. 用橡皮筋將濾網套上燒杯，以收集流出水分。
3. 將載土裝置放置於步驟 2 的濾網上，即為右圖的實驗裝置。



步驟一



步驟二



步驟三

※正式實驗

(一) 探勘屏東縣三地門附近土石流易發生區土壤表層覆蓋土質與較原始森林的差異

1. 查詢三地門附近土石流潛勢區
2. 野外踏查土石流易發生區的土壤表土和較原始森林地區的差異
3. 觀察並做紀錄，採集土壤回學校進行實驗。

(二)探討一般校園土、紅土、培養土、三地村的土(易發生土石流地區)、德文村的土(易發生土石流地區)對水的吸收能力及吸收量的差異情形

1. 利用篩網將土壤過篩，使土壤顆粒大小固定在一定範圍。(圖一)

2.將土壤放入 250℃ 的烤箱中烤到水分完全蒸發。(圖二)

3.將載土裝置放置在濾網的上方，並在濾網下放一個燒杯。(圖四)

(註：實驗用濾網的孔洞大小，較準備材料所使用的小)。

4.在載土裝置中放入 300g 的土壤。(圖五)

5.用下雨模擬器從載土裝置上方倒入 300ml 的水。(圖六)

(註：每次實驗皆將降雨模擬器與實驗裝置呈大約 90 度進行倒水)

6.倒水的同時開始計時，並利用計時器的「分圈」功能記錄「第一滴水流出的時間」及「水流入土壤的時間」。(圖七)

7.等到能滴出的水完全滴出後，再測量滲透出的水量。

8.將每種土壤重複步驟 1~7 三遍，並取平均值。



圖一



圖二



圖三



圖四



圖五



圖六



圖七

(三)炭土對土壤對水的吸收能力及吸收量的影響

- 1.利用篩網將土壤及添加物過篩，使土壤顆粒與炭土大小固定在一定範圍。(圖一)
- 2.將土壤和炭土 2:1 的比例混合。(圖三)
- 3.測量步驟如實驗(二)，重複三遍，並取平均值。



選土



烘土



淋土



計時

(四)落葉對土壤對水的吸收能力及吸收量的影響

- 1.步驟如實驗三，只是將炭土改成打碎的乾落葉(如右圖)。



落葉



將落葉磨粉

肆、實驗結果與討論

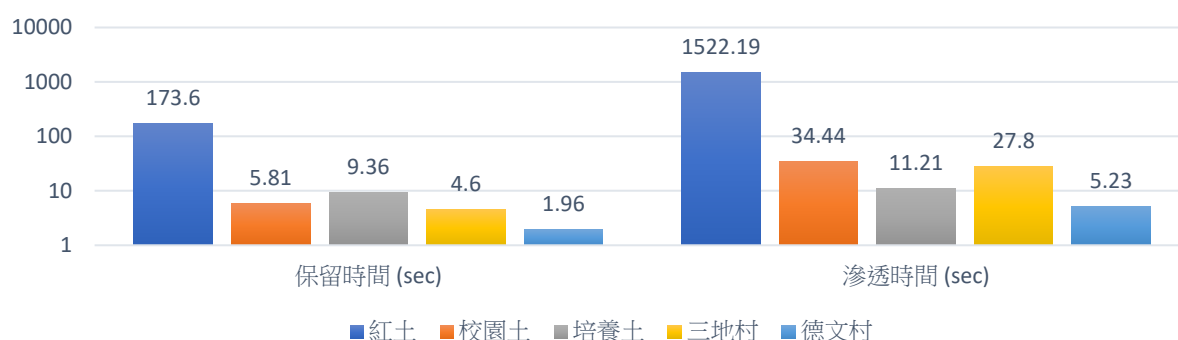
※先備實驗:

採集五個地點的土，沒有過篩，撿掉粒徑大於 1 公分的石頭，進行土壤性質初步分析，結果如下表：圖一：原始顆粒大小的各種土壤保留、滲透時間比較

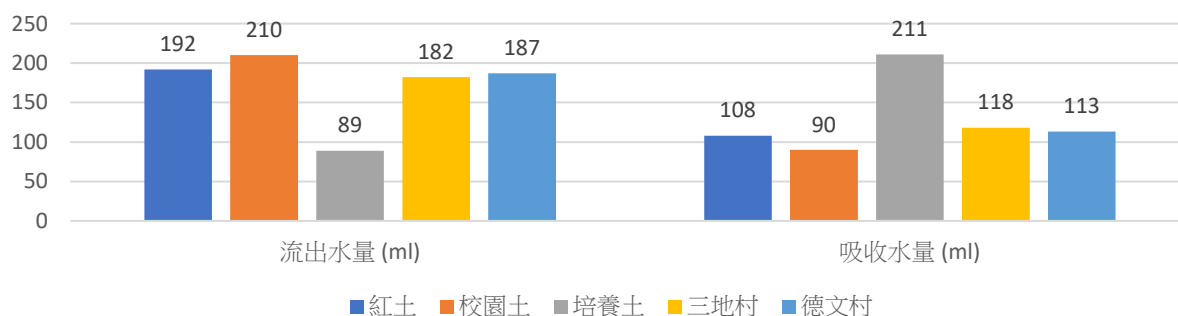
表一：原始顆粒大小的各種土壤性質比較

	紅土	校園土	培養土	三地村	德文村
保留時間 (sec)	173.60	5.81	9.36	4.60	1.96
滲透時間 (sec)	1522.19	34.44	11.21	27.80	5.23
流出水量 (ml)	192	210	89	182	187
吸收水量 (ml)	108	90	211	118	113

圖一：原始顆粒大小的各種土壤
保留、滲透時間比較 (對數圖)

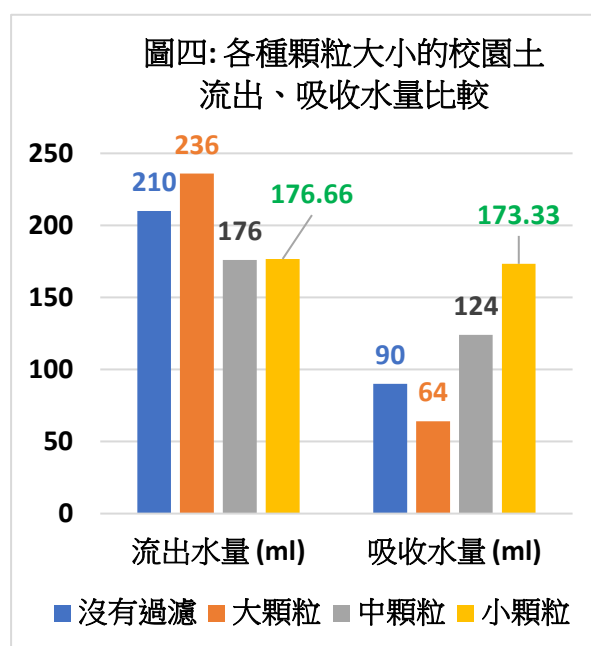
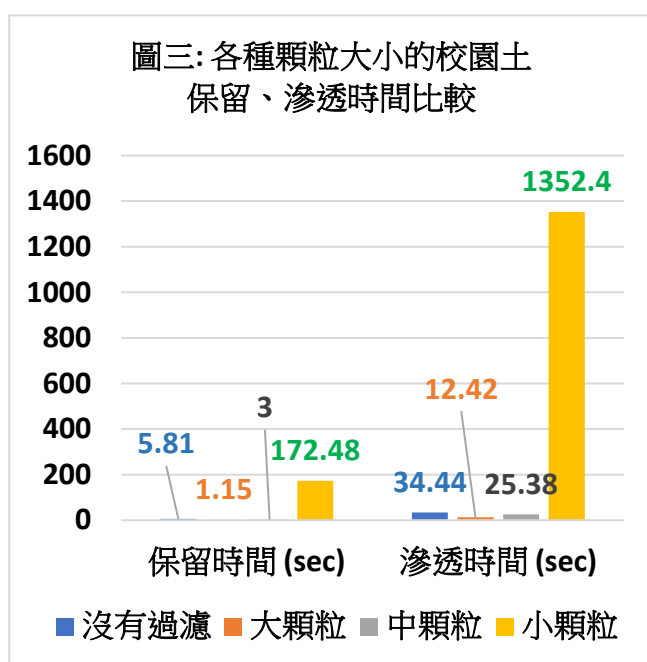


圖二：原始顆粒大小的各種土壤
流出、吸收水量比較



表二：校園土各種顆粒大小比較

	沒有過濾	大顆粒	中顆粒	小顆粒
保留時間 (sec)	5.81	1.15	3.38	172.48
滲透時間 (sec)	34.44	12.42	25.38	1352.40
流出水量 (ml)	210	236	176	176.66
吸收水量 (ml)	90	64	124	173.33



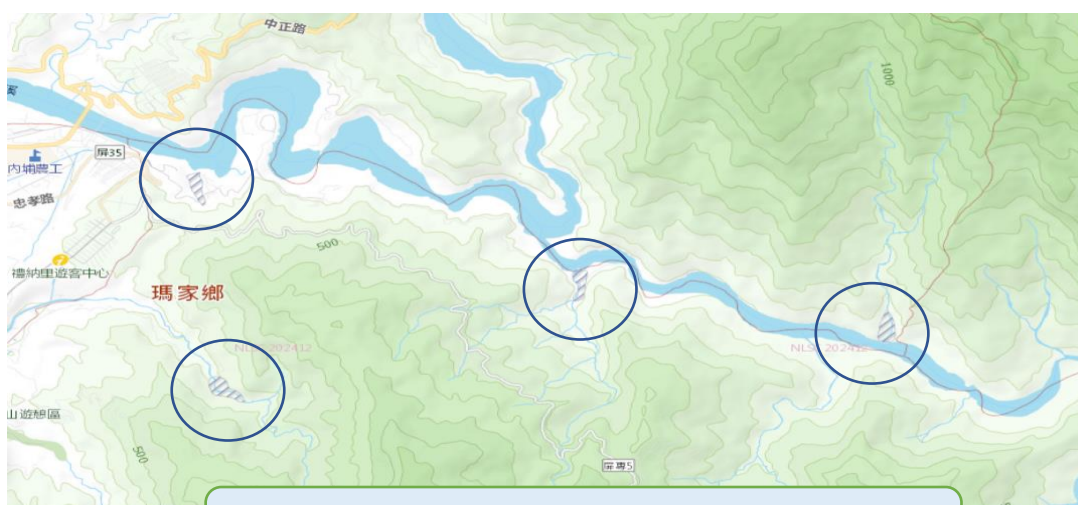
結果與討論：

- (一) 由表一，保留時間較長的前 2 名是紅土和培養土，而滲透時間最短、流出水量最少、吸收的水量最多的是培養土，水土保持較佳的土質是培養土，第二名是紅土，所以我們推測土質中這兩種土比例較高時，對水土保持有較佳的效果。
- (二) 用校園的土壤過篩成不同顆粒大小的土，進行分析，由表二，發現大顆粒保留水的時間太短(1~2 秒)，小顆粒滲透時間太長，可長達數十分鐘(圖三)，三種顆粒中，以中顆粒流出水量最少，吸收水量最多，是水土保持較佳的土質(圖四)。
- (三) 我們發現土壤顆粒大小對土壤性質影響很大，且中顆粒的性質較適合用來研究，因此後面的實驗我們都用中顆粒大小來進行。

※正式實驗

一、探勘屏東縣三地門附近土石流易發生區土壤表層覆蓋土質與較原始森林的差異

經過野外踏查探勘，發現土石流易發生區土壤表層的確比較脆弱，三地門附近易發生土石流地區分布在隘寮溪附近，如下圖：



屏東瑪家、三地鄉易發生土石流的地區

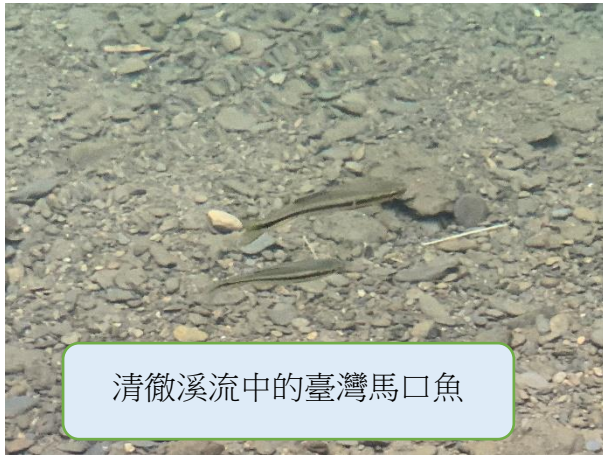
屏東山地鄉擁有美麗的風光及良好的生態環境，是縣民喜歡前往登山健行的地方，但是雨季來臨，許多地方生土石坍方，造成道路不通及村民生命財產的損失。我們到各個土石流的發生地點探勘後發現這些地方與以往原始林的地表有很大的差異。



美麗的山林



縣民登山運動的熱門地點



清澈溪流中的臺灣馬口魚



石頭上享受日光浴的攀木蜥蜴

在原始林內落葉形成的腐植土較厚，而且保有一定的溼度。下雨時，可以吸收較多的水，避免雨水直接侵蝕地表，降低雨水對山坡地造成的傷害。在土石流易發生的地區，土表缺乏落葉保護，石頭裸露，土石易被沖刷而流失。

而我們好奇地表土壤的組成是否對土石流的發生有影響呢？接下來我們對土壤性質的探討，希望可以提供一些減緩土石流發生的方法，在經濟發展和保護自然環境的衝突中，找到一個平衡點。



較原始的林相，土質受到落葉形成腐質土的保護



缺乏落葉腐質土的保護，是土石流常發生的地區



雨季時，沒有保護的土石被雨水被沖刷到路面及住家

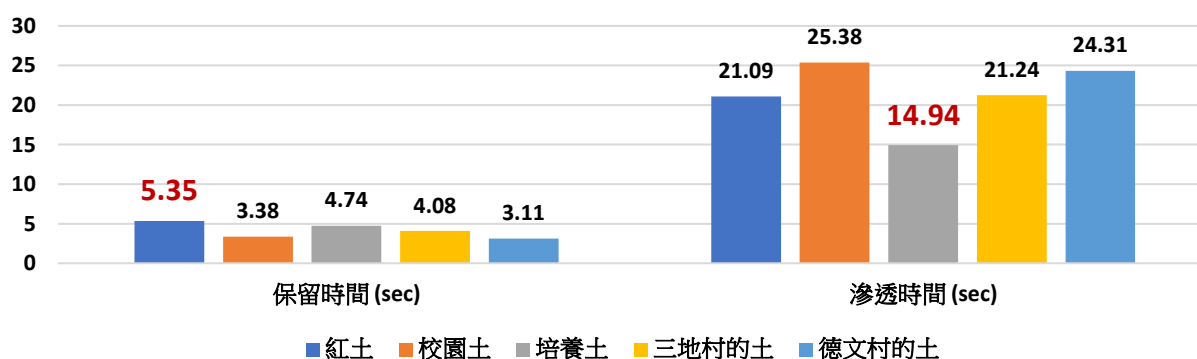
(二) 探討一般校園土、紅土、培養土、三地村的土、德文村的土(易發生土石流地區)對水的吸收能力及吸收量的差異情形

將這五種土過篩成同樣大小的土(中等顆粒)，測量其土質保水等特性，結果如下：

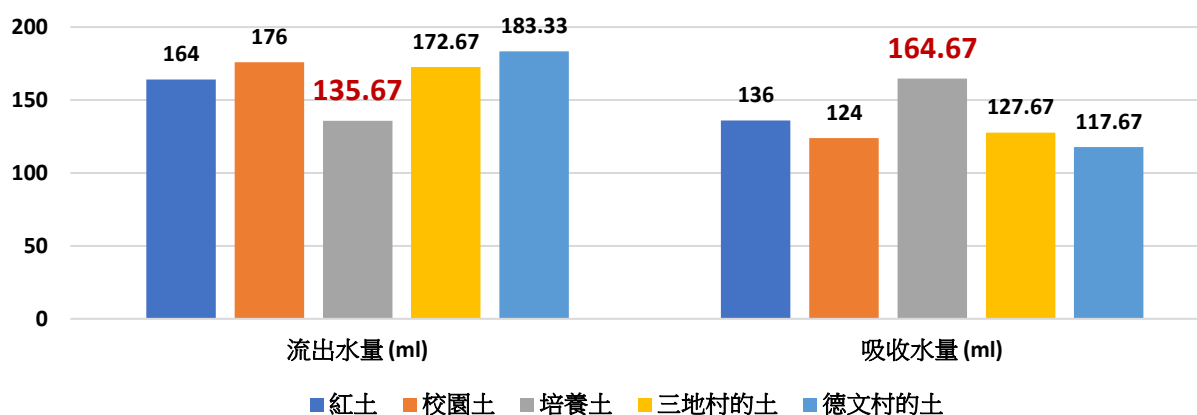
表三：中顆粒的各種土壤性質比較 (無添加物)

土壤種類	紅土	校園土	培養土	三地村的土	德文村的土
保留時間 (sec)	5.35	3.38	4.74	4.08	3.11
滲透時間 (sec)	21.09	25.38	14.94	21.24	24.31
流出水量 (ml)	164	176	135.67	172.67	183.33
吸收水量 (ml)	136	124	164.67	127.67	117.67

圖五：各種土壤無添加物的中顆粒保留、滲透時間的比較



圖六：各種土壤無添加物的中顆粒吸收、流出水量的比較



結果與討論：

- (一)與腐植土一樣有大量有機物的培養土其滲透時間、保留與吸收水分能力明顯優於其他土，這顯示了該土在對於防治土石流有較高潛力，不易在表面形成逕流，土石流發生風險較低。(表三、圖五、圖六)
- (二)紅土、校園土與德文村、三地村的土，其滲透時間皆相對較長，它們的滲透時間都超過 20 秒，顯示這些土壤結構較為緻密，水分滲透速度較慢。然而，這也意味著這類土壤在降雨時容易形成表面逕流，導致水分無法有效滲透至深層，進而增加土石流風險。(圖五)
- (三)紅土雖然滲透時間表現得較為不理想，但在保留時間方面表現突出，流出水量及吸收水量都僅次於培養土，相較於德文村、三地村的土壤擁有稍好的防止土石流能力。(圖五)(圖六)
- (四)校園土、德文村、三地村地土壤具有土質容易流失的特性 (表三)，大部分地區的土壤可能含有這些特性，所以在易發生土石流的山區土壤中添加一些物質，例如：培養土或腐植土，可能有助於減緩土石流的發生。

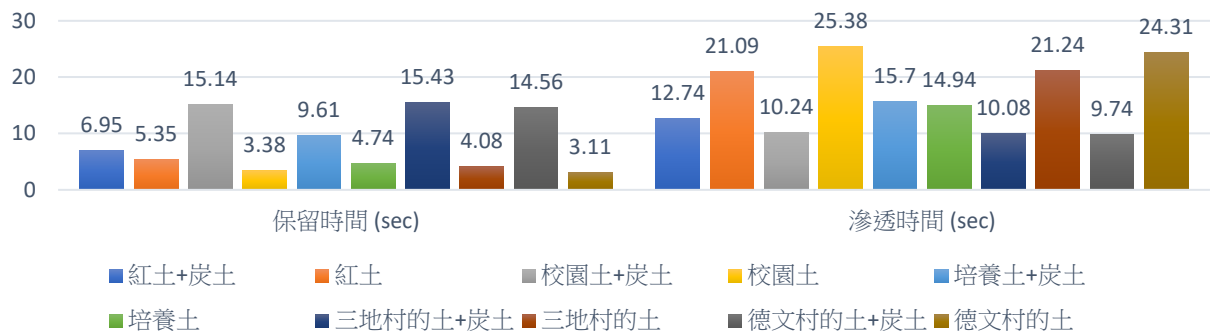
三、炭土對土壤對水的吸收能力及吸收量的影響

我們在土中添加可以吸水的炭土，看看是否能改善土壤的水土土保持特性，結果如下表：

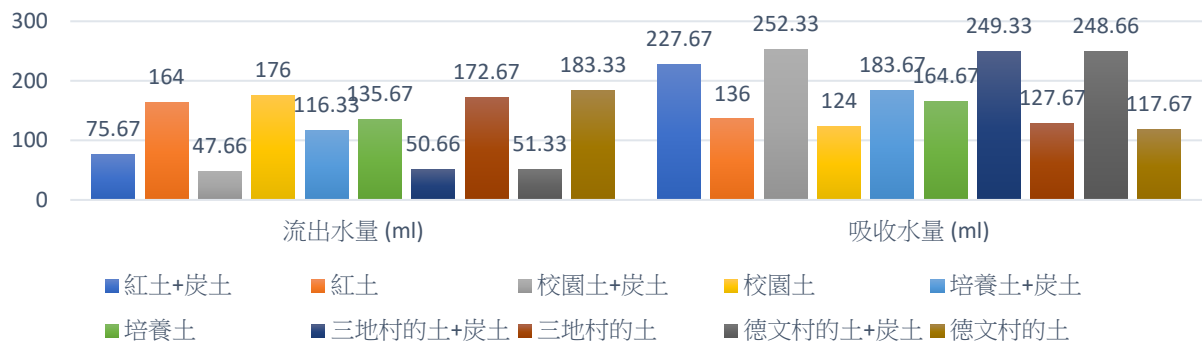
表四：中顆粒的各種土壤添加炭土後性質比較 (土壤:炭土 = 2:1)

土壤種類	紅土+炭土	校園土+炭土	培養土+炭土	三地村的土+炭土	德文村的土+炭土
保留時間 (sec)	6.95	15.14	9.61	15.43	14.56
滲透時間 (sec)	12.74	10.24	15.70	10.08	9.74
流出水量 (ml)	75.67	47.66	116.33	50.66	51.33
吸收水量 (ml)	227.67	252.33	183.67	249.33	248.66

圖七:各種土壤有無添加炭土對於保留、滲透時間的影響



圖八:各種土壤有無添加炭土對於吸收、流出水量的影響



結果與討論：

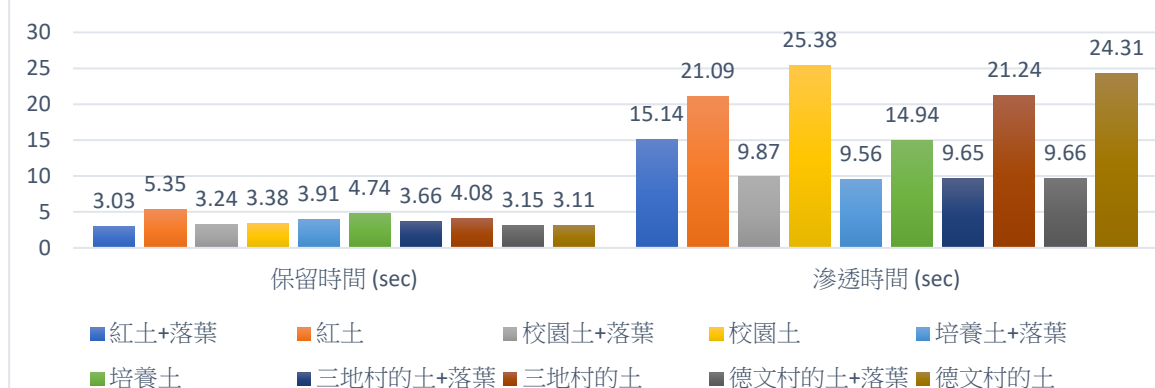
1. 除了培養土外，其餘土壤添加炭土後，土壤的保水性、滲透率和吸水能力明顯增加（圖七）（圖八）
2. 添加炭土的培養土除保水性以外，其餘能力加強效果皆不顯著（圖七）（圖八）
3. 根據上述的結果，添加炭土確實是一個防止土石流發生的好方法（表四）（圖七）（圖八）

(四)落葉對土壤對水的吸收能力及吸收量的影響

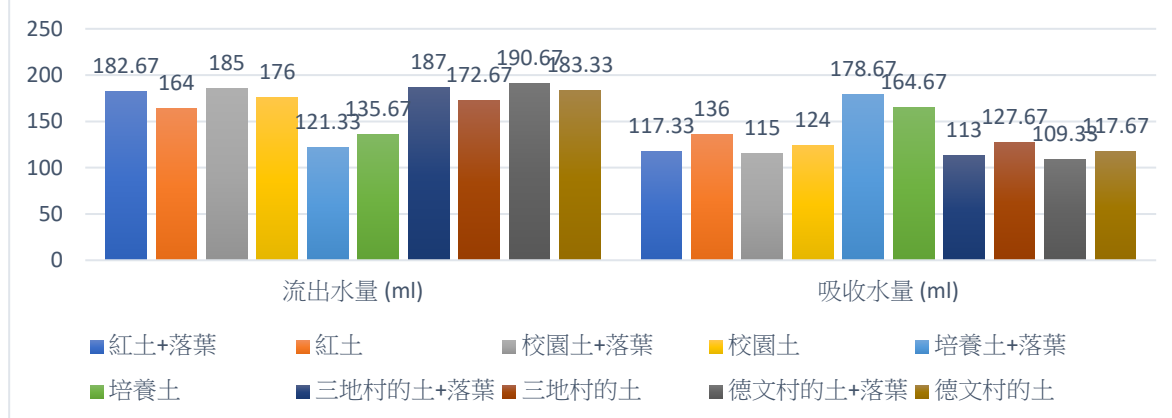
表五：中顆粒的各種土壤添加落葉後性質比較 (土壤:落葉 = 2:1)

	紅土+落 葉	校園土+ 落葉	培養土+落 葉	三地村的土+ 落葉	德文村的土+ 落葉
保留時間 (sec)	3.03	3.24	3.91	3.66	3.15
滲透時間 (sec)	15.14	9.87	9.56	9.65	9.66
流出水量 (ml)	182.67	185.00	121.33	187.00	190.67
吸收水量 (ml)	117.33	115.00	178.67	113.00	109.33

圖九:各種土壤有無添加落葉對於保留、滲透時間的影響



圖十:各種土壤有無添加落葉對於吸收、流出水量的影響



結果與討論：

1. 添加落葉雖然可以提升土壤滲透能力，但對於保水及吸收能力的改變較不顯著（圖九）（圖十）
2. 以落葉當作添加物時，只有培養土的吸收水量增加，其餘土壤的吸收水量則都下降(圖九)(圖十)
3. 總結上述結果，添加落葉雖然能提升滲透能力，但其餘能力的變動，比添加炭土還要不顯著

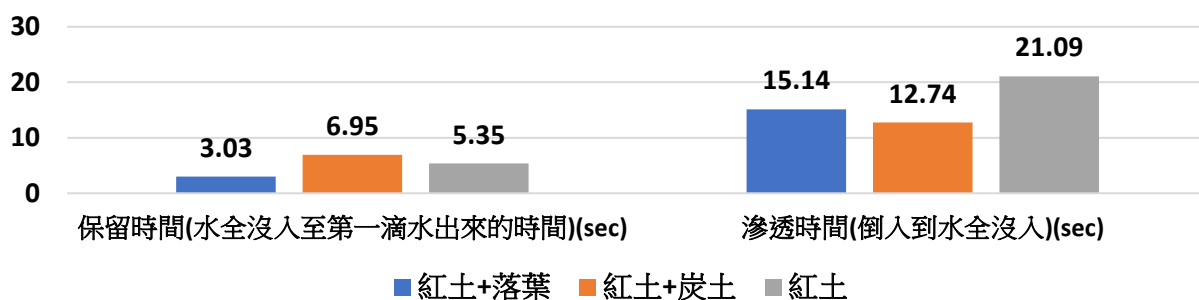
伍、問題與討論

一、紅土土質的改善

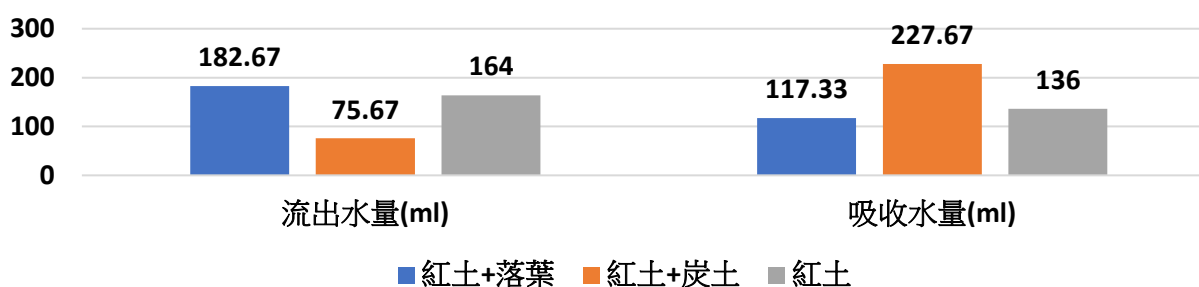
由圖十一圖十二發現

1. 添加炭土能顯著提升紅土的滲透性與保水能力，整體改善其水土保持性能。
2. 添加落葉雖能縮短滲透時間，但在保水性與吸水量方面的表現反而不如原始土壤，可能加速水分流失。
3. 綜合分析，建議使用炭土作為紅土的改良添加物，以提升水土保持效果，而落葉則不適合作為主要改良材料。

圖十一:紅土無添加物、添加炭土、添加落葉
保留、滲透時間比較



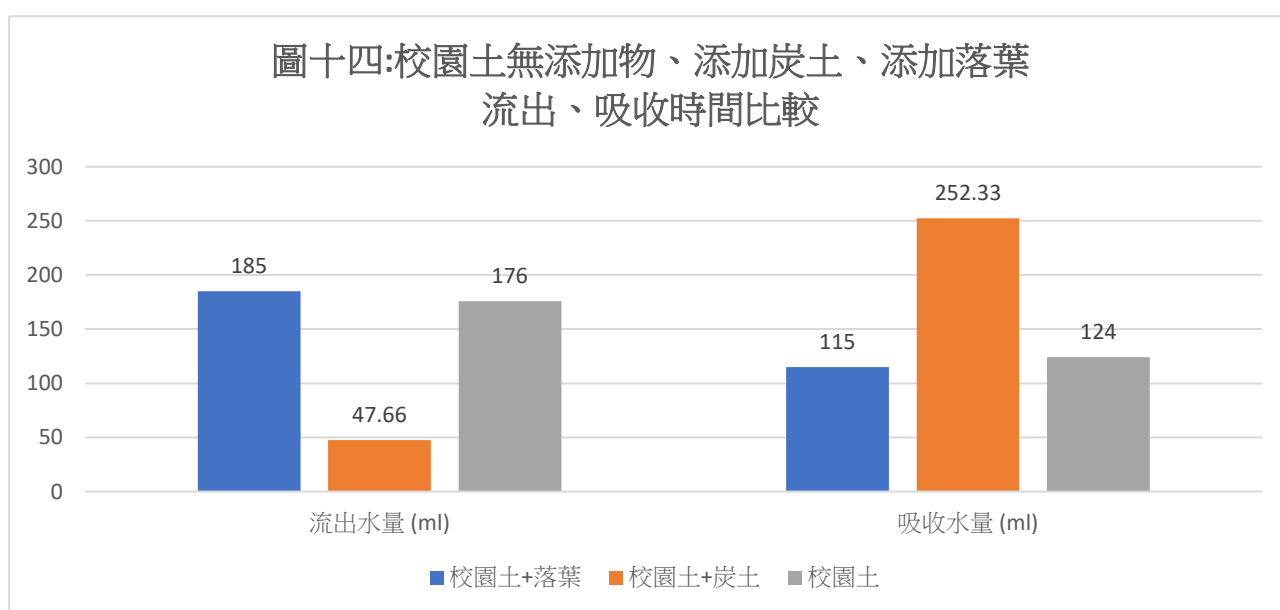
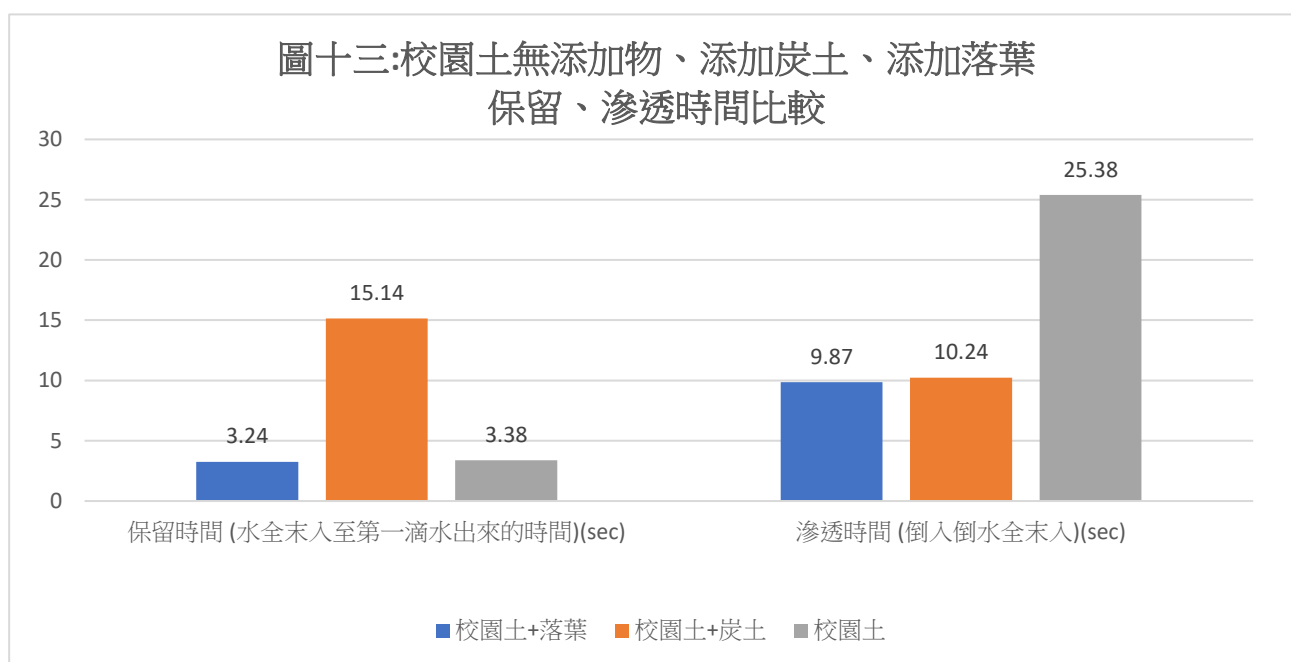
圖十二:紅土無添加物、添加炭土、添加落葉
流出、吸收水量比較



二、校園土質的改善

由圖十三、圖十四發現：

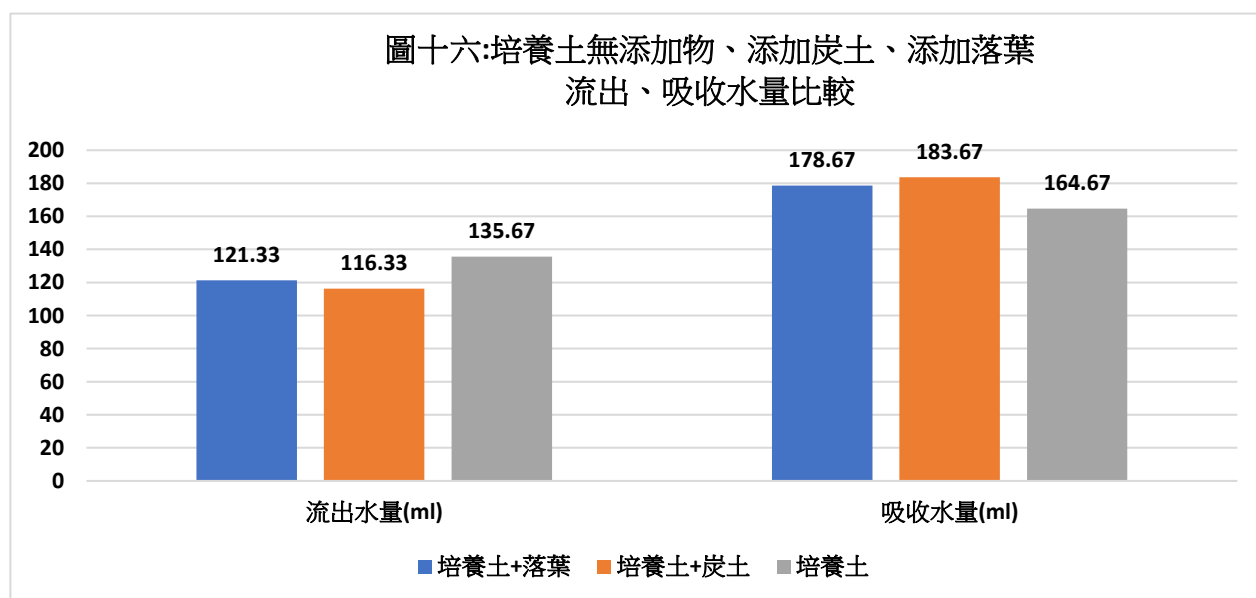
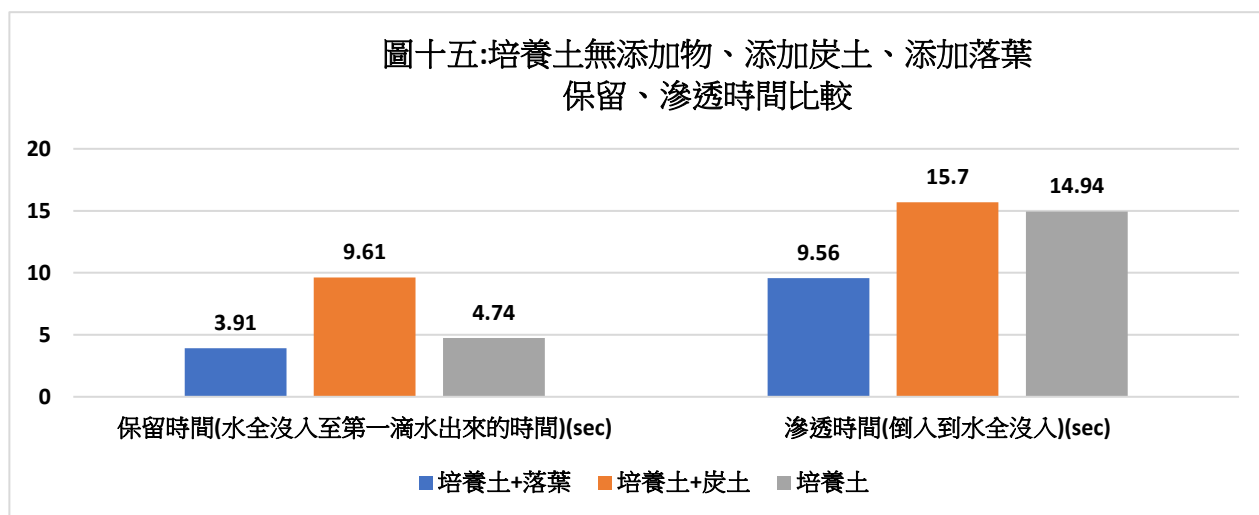
1. 添加炭土能顯著提升校園土的滲透性與保水能力，整體改善其水土保持性能。
2. 添加落葉雖能縮短滲透時間，但在保水性與吸水量方面的表現反而不如原始土壤，較添加炭土不利於水土保持。
3. 綜合分析，建議使用炭土作為校園土的改良添加物，以提升水土保持效果，而落葉則不適合作為主要改良材料。



三、培養土質的改善

由圖十五、圖十六發現：

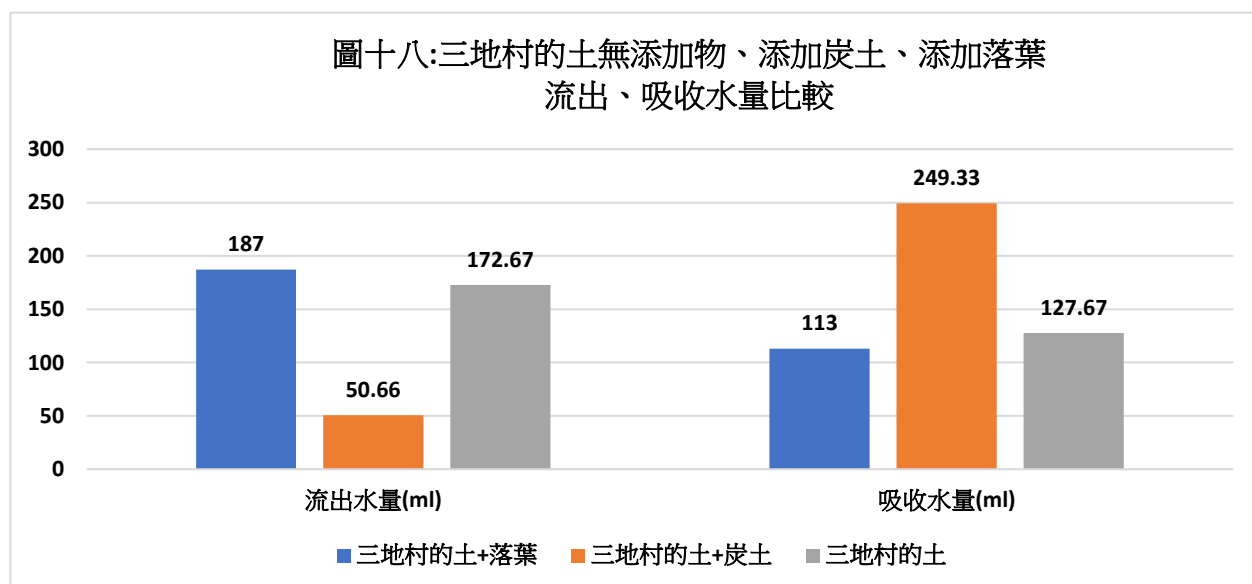
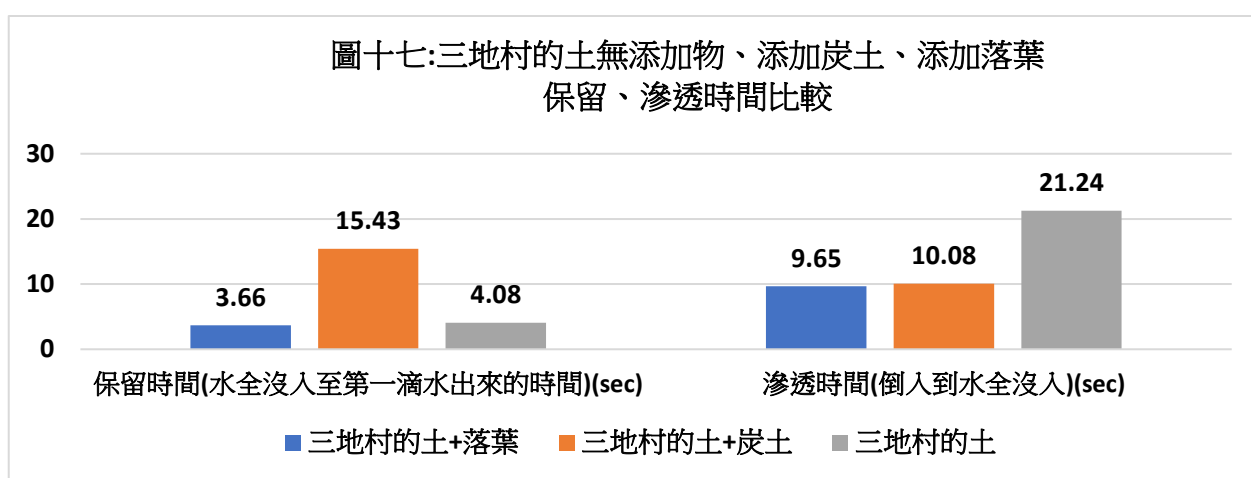
1. 添加炭土可顯著提升培養土的保水能力，吸水量略微增加，但滲透能力則有所減弱。
2. 添加落葉能顯著提升滲透率，略微增加吸水量，但保水時間縮短，水分較快流失。
3. 綜合來看，落葉與炭土對培養土的影響各有優缺點，變化幅度相對較小，可能與其本身富含有機質有關，使其原本的水分調節能力較為穩定。



四、山地村土質的改善

由圖十七、圖十八發現：

1. 添加炭土能顯著提升三地村土的滲透性與保水能力，整體改善其水土保持性能。
2. 添加落葉雖能縮短滲透時間，但在保水性與吸水量方面的表現反而不如原始土壤，較添加炭土不利於水土保持。
3. 綜合分析，建議使用炭土作為三地村土的改良添加物，以提升水土保持效果，而落葉則不適合作為主要改良材料。

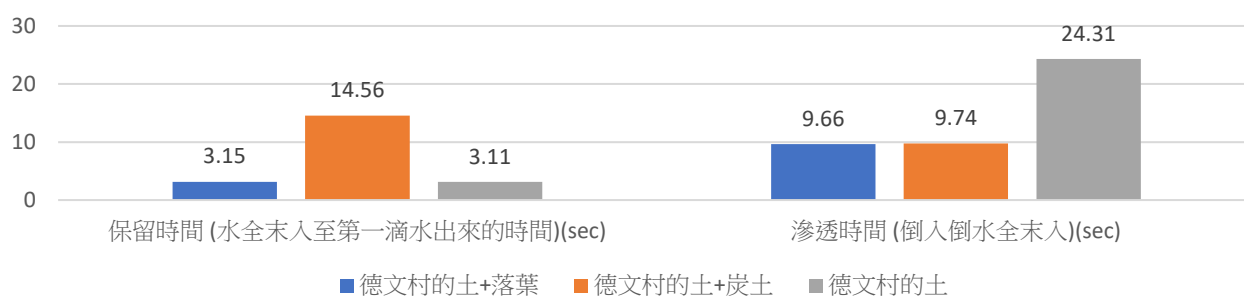


五、德文村土質的改善

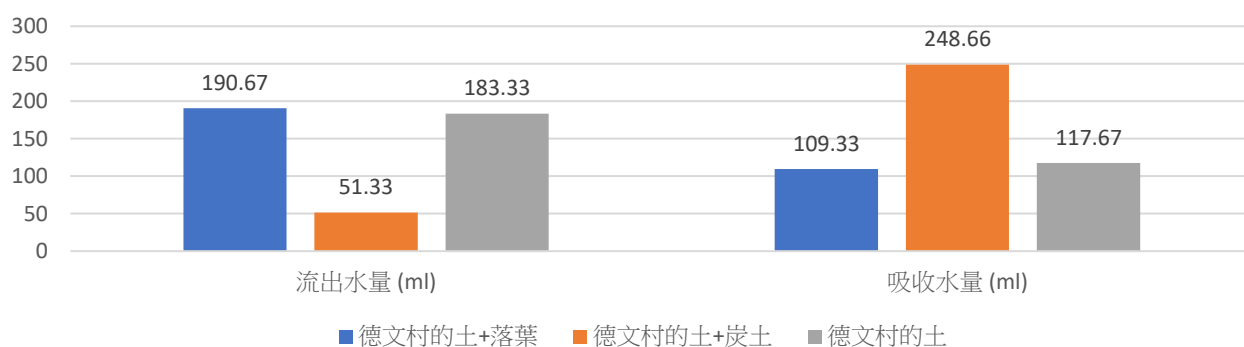
由圖十九、圖二十發現：

1. 添加炭土能顯著提升德文村土壤的滲透性與保水能力，整體改善其水土保持性能。
2. 添加落葉雖能縮短滲透時間，但其保水性與原始土壤相差不大且吸水量方面的表現反而不如原始土壤，較添加炭土不利於水土保持。
3. 綜合分析，建議使用炭土作為德文村土壤的改良添加物，以提升水土保持效果，而落葉則不適合作為主要改良材料。

圖十九:德文村的土無添加物、添加炭土、添加落葉
保留、滲透時間比較



圖二十:德文村的土無添加物、添加炭土、添加落葉
流出、吸收水量比較



陸、結論

- 一、實至三地村、德文村探查發現，土石流易發生區的土壤較脆弱，缺乏落葉與腐植土保護，導致水分難以滲透，增加土石流風險。相較之下，原始森林的厚腐植層能有效吸水並減少地表沖刷。
- 二、原始土壤中，與腐植土相似的培養土在多項能力方面皆勝過其他土種，具有良好的水土保持效果，採集自土石流易發生區域的土種，在各項能力的表現上則都不盡理想，紅土則在保水能力方面表現突出
- 三、添加炭土可顯著提升紅土、校園土、德文村土與三地村土的滲透與保水能力。對培養土而言，雖能延長保水時間，略增吸水量，但滲透率稍降，不過仍證明炭土對水土保持具顯著效果。
- 四、添加落葉可以幫助各種土壤提升其滲透能力，但對其他能力影響較不顯著，甚至使能力下降，不建議其作為水土保持的添加劑，至少在短期內沒有太大的作用
- 五、綜合以上，我們認為炭土可以作為土壤添加劑進行水土保持，它能有效提升各土種的水土保持能力，在它的影響下，各土種在各方面的表現甚至能強於原始土壤中表現最好的培養土，但落葉則不然，它只能提升各種土壤的滲透能力，因此相較於炭土，不建議以落葉作為添加劑進行防治土石流的工程

柒、參考文獻

- 一、彭咨諭。大地的海棉寶寶--腐植土與山坡地的吸收能力之關係探討。國立臺灣科學教育館。

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/50/pdf/040505.pdf>

- 二、于可、邱奕旻、林億和。水土比一比。國立臺灣科學教育館。

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/59/pdf/NPHSF2019-030508.pdf>