

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

030303

土石流～我不怕！探討坡地植生草種根系與水土保持的關係

學校名稱：苗栗縣立頭份國民中學

作者： 國二 羅琪毓 國二 何羿蓁 國二 蔡宜仁	指導老師： 陳怡如 賴萱和
---	-----------------------------

關鍵詞：土石流、坡地植生草種、植生工程

作品名稱：土石流～我不怕！探討坡地植生草種根系與水土保持的關係

作品摘要：

藉由研究坡地植生草種及常用水土保持物種為何能有效達到水土保持之目的，以及相關物種其根系與防止土壤沖蝕之關係，希望能瞭解植物根系與水土保持的相關性，並進一步與植生工程結合，作為道路旁的坡道或建築物施工方式的參考，以期減少自然災害所造成的損失。

壹、研究動機

台灣因人為開發及不注重水土保持，只要因大雨或颱風便會造成可怕的災難，而土石流便是其中一項，每每造成斷垣殘壁、家破人亡的景象，在在令人怵目驚心。去年四月發生國道三號走山的意外，奪走了四條人命，駭人的畫面歷歷在目，除了讓人心痛，更不禁讓人質疑：為何逢雨便有這麼多的災難？究竟是天災還是人禍？我們希望藉由研究坡地植生草類及常用水土保持物種為何能有效達到水土保持之目的，以及相關物種其根系與防止土壤沖蝕之關係，期望能瞭解植物根系與水土保持的關連性，並進一步與植生工程結合，作為道路旁的坡道保護或建築物施工方式的參考，以期減少自然災害所造成的損失。

貳、研究目的

- 一、瞭解土石流之定義、特徵與發生原因，並探討地形因子對土石流的影響
- 二、選擇適合水土保持相關實驗之草種
- 三、探討坡地植生草類之根系與防止土壤沖蝕之間的關係
- 四、探討本校校園邊坡水土保持不良的問題，並以實驗草種佐證進行研究
- 五、探討實驗草種根系生長情形與水土保持之關連

參、研究設備及器材

用途	材料名稱
自製河道	木心板、1.2 分板、鐵釘
坡地植生草種	高狐草、黑麥草、假儉草、百喜草
坡度控制	大型量角器、木板
模擬降雨器	灑水器、500ml 燒杯
烘土用具	電磁爐、鍋子、鍋鏟
根系力學測試	彈簧秤、長尾夾
斜坡角度測量	傾斜儀
測量工具	體重計、5M 皮尺
數位設備	數位照相機、電腦、印表機

肆、研究過程或方法

研究過程：

一、瞭解土石流之定義、特徵與發生的原因：(引用自土石流防災資訊網)

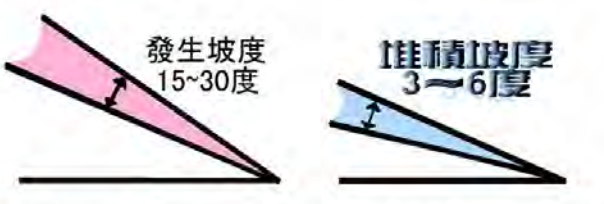
(一) 土石流的定義：

所謂的土石流，是指泥、砂石、礫石及巨石等和水混合後，受到重力作用的影響，沿著斜坡或河道、溝渠等路徑，由高處流到低處的自然現象。

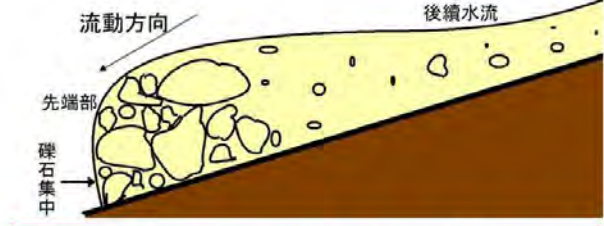
(二) 土石流特徵：

1. 流動速度快、泥砂濃度高、沖蝕力強、衝擊力大。
2. 土石流表面流動速度快，而土石流下面流動速度較慢。
3. 土石流之流動速度受到所含土石之粒徑大小、土石顆粒和泥水比例的多少、及溪谷坡度所影響。礫石型土石流流速約 3~10m/s，而泥流型土石流則約為 2~20m/s。
4. 土石流的前端隆起、流量大，多為集中的巨大石礫，後續的水流則多為泥流。
5. 土石流中石礫的分布多為大石頭在上、小石頭在下。

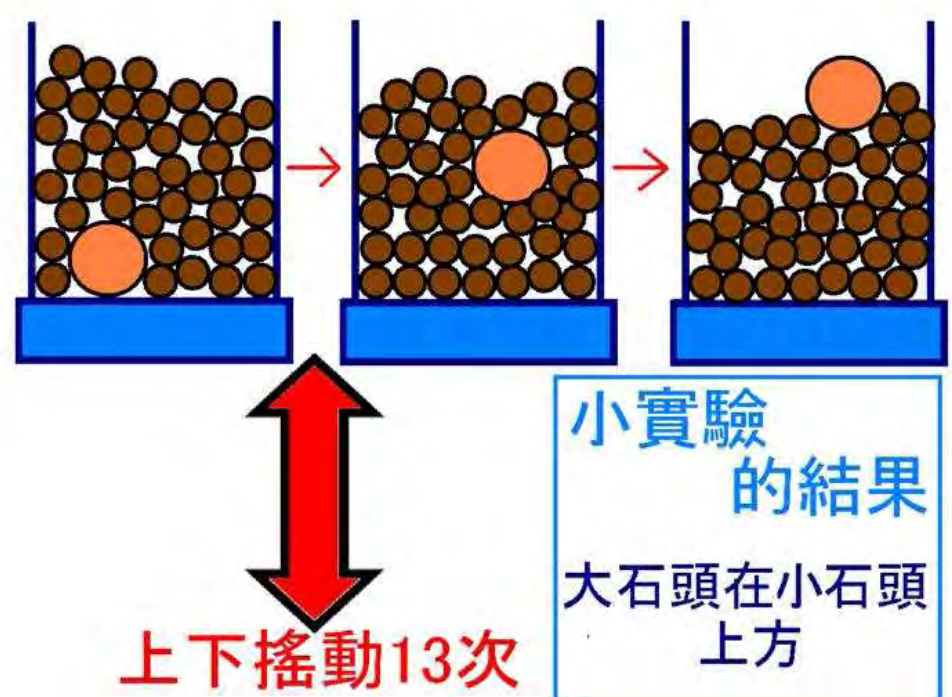
6.由於溪谷出口的坡度緩且寬度大，能有效降低土石流的流動速度，因此土石流常在此形成扇狀堆積。



土石流發生地點之坡度大約在15~30度間為多,而堆積地點以3~6度間為多



前端隆起且巨礫集中,流量大,後續水流多為泥流或土石流



上下搖動13次

小實驗
的結果

大石頭在小石頭
上方

(三) 土石流發生的原因：

土石流發生的原因有三個：

- 1.豐富的堆積物：足夠的鬆散土砂提供土石流中所需的固態物質。
- 2.充份之水分：充分之水分能降低土石流中土砂之間的摩擦力，是很好的潤滑劑，能夠幫助固態物質流動。
- 3.足夠的坡度：足夠大的斜面坡度讓土石流有流動的動力，使土石流能克服土石間的摩擦力後繼續向低處流動。

二、瞭解水土保持之定義與方法，並擬定出研究的方向：

(一) 水土保持的定義：(引用自土石流防災資訊網)

水土保持是透過園藝耕作、地表的覆蓋及工程工法等方式，將水資源和土壤資源保留下來，以減少災害的發生，讓人類可以永續持有並且利用。

(二) 水土保持的方法：台灣山坡地常見的水土保持方法有三種～

1. 水土保持農藝法－等高耕作、平台階段
2. 水土保持植生法－覆蓋、敷蓋
3. 水土保持工程法－山邊溝、複式草溝、L型測溝

(三) 研究方向：

根據文獻得知，造成土石流發生的原因有三個：豐富的堆積物、充份之水分及足夠的坡度，由於先前已有針對雨量（氣候因子）對土石流的影響做出研究，因此我們決定先找出最易造成土石流的坡度（地形因子），之後再探討「水土保持植生法」中適合「覆蓋」的草本植物，研究其生長情形與根系分佈狀況，並探討校園內邊坡水土保持不良之原因，以實驗草種作為佐證，最後與植生工程、水土保持工程法做連結，找出相關的應用方式。

研究方法：







一、探討地形因子對土石流的影響

(一) 實驗 1-1：找出最易造成土石流之河道坡度

1. 研究步驟：

- (1) 利用木板和鐵釘自製河道（50×90cm）及控制坡度。
- (2) 取校園中的土壤 10kg（乾重），均勻分佈於自製河道中。
- (3) 改變河道坡度為 15 度、20 度、30 度。
- (4) 以灑水器固定高度（60cm）灑定量的水（5 公升），觀察記錄土石流動的情形，並承接沖刷下來的土石，倒入水桶中待其泥土沈降後倒出上層的水，剩餘泥土曬乾（或炒乾）後測量其乾重。
- (5) 比較不同角度土石流動情形與沖刷土石的乾重，找出最易造成土石流之河道坡度。

2. 研究流程：

			
自製河道	秤取 10Kg 土壤	曬乾土壤	改變河道坡度
			
灑水器灑水	觀察並承接沖刷土石	土石靜置沈降	炒乾後秤取乾重

二、選擇適合水土保持相關實驗之草種

(一) 實驗 2-1 從文獻中找出適合研究之水土保持植物（禾草類）

1. 研究步驟：

- (1) 從參考資料及網路搜尋找出適合研究的草種。因本實驗針對坡地植生草種與水土保持之關係，故我們以幾個向度作為草種挑選之依據：
 - 固土能力：固土能力越好，防止土壤沖刷的能力越強
 - 生長速度：生長速度越快，有效覆蓋土壤避免雨水沖刷的能力越強
 - 耐旱程度：冬季雨水較少，或遇旱季時仍生長良好，可避免因乾枯而造成雨季時的土壤沖刷
 - 耐暑與耐寒程度：季節或溫度不同之情形下，草種的生長情形是否會有明顯的差異或受影響
- (2) 從上述相關依據挑選出中、高程度之三種草種進行實驗。
- (3) 選擇對照組：參考行政院農業委員會水土保持局進行植生工程之草種，從中擇取一種適當種類作為對照組。

三、探討坡地植生草類之根系與防止土壤沖蝕之間的關係

(一) 實驗 3-1 於自製河道上進行坡地植生草類之種植，並進行根系力學試驗（根系拉拔試驗），找出根系拉力最強之草種

1. 研究步驟：

- (1) 取校園中的土壤 10kg（乾重），均勻分佈於自製河道中。
- (2) 於河道土壤上充分灑水後，秤取高狐草、黑麥草、假儉草及百喜草各 5g，均勻撒播於各河道之土壤上。
- (3) 每天定時澆水，待生長 1 個月後，進行根系力學試驗（根系拉拔試驗）。根系力學實驗包含單根抗拉試驗、根系拉拔（pull-out）試驗、土～根（含根土壤）直剪（direct shear）試驗等，以上三種試驗皆為植生邊坡穩定分析所必須，因此我們決定進行根系拉拔（pull-out）試驗。但根系力學試驗程序目前並無標準規範可依循，且我們所蒐集的文獻中並無任何與禾草相關的實驗記載，因此在參考了中興大學水土保持學系教授給予的資料後，我們自行設計了根系拉拔（pull-out）試驗的用具與方式，其步驟與流程如下。

2. 研究流程：



- (1) 準備彈簧秤（500gw）及小長尾夾。
- (2) 由於禾草植物根系較細，且常於夾具處發生斷裂，因此我們在根樣與小長尾夾間使用適當的保護墊片，避免根樣於夾具端斷裂。
- (3) 將小長尾夾夾住草體離根處 1cm，進行根系拉拔試驗，直至根系被完全拉拔出，記錄其所需拉力。



(二) 實驗 3-2 以固定雨量沖刷自製河道，探討不同草種防止土壤沖蝕之能力

1. 研究步驟：

- (1) 取校園中的土壤 10kg (乾重)，均勻分佈於自製河道中。
- (2) 於河道土壤上充分灑水後，秤取高狐草、黑麥草、假儉草及百喜草各 5g，均勻撒播於各河道之土壤上。
- (3) 每天定時澆水，待生長 1 個月後，進行雨量沖刷測試，觀察並記錄土石流動的情形，並承接沖刷下來的土石，曬乾 (或炒乾) 後測量其乾重。
- (4) 比較不同草種與沖刷土石乾重之間的關係。
- (5) 探討根系拉力與防止自製河道土壤沖蝕之關係。

2. 研究流程：



四、探討本校校園邊坡水土保持不良的問題，並以實驗草種佐證進行研究

(一) 實驗 4-1 探討校園邊坡植物生長不良之原因及如何改善校園邊坡水土保持的情形

1. 研究步驟：

- (1) 確認校園坡地主要植生草種。
- (2) 針對校園內不同坡度之植生情形進行環境與生物條件之分析，瞭解邊坡水土保持不良之主要因素 (校園邊坡遇大雨時便會產生類似土石流之情形)。

(二) 實驗 4-2 以實驗草種進行校園邊坡穩定之實驗

1. 研究步驟：

- (1) 先找出校園內邊坡植生覆蓋率最低的區塊，再以傾斜儀測出邊坡角度，選擇最接近 30 度的邊坡作為實驗對象。
- (2) 在邊坡上以皮尺量出五個 50x90cm² (自製河道相同之面積) 之區塊，以樹枝做四個定點插入土壤中，並以童軍繩圍出實驗進行之範圍。
- (3) 在四個區塊中分別灑播 10g 之高狐草、黑麥草、假儉草及百喜草之種子 (第五個區塊為對照組，不灑播任何種子)，待其生長 1 個月後，進行雨量沖刷測試，觀察並記錄土石流動的情形，並承接沖刷下來的土石，曬乾 (或炒乾) 後測量其乾重。

(4) 比較不同草種與沖刷土石乾重之間的關係。

2.研究流程：

		
植生覆蓋率最低之區塊	傾斜儀測量坡度	圍出實驗區塊
		
雨量沖刷測試	承接沖刷土石	灑播種子
		
一個月生長期	雨量沖刷測試	承接沖刷土石

五、探討實驗草種根系生長情形與水土保持之關聯

(一) 實驗 5-1 校園邊坡實驗草種根系生長情形、分佈密度及其他與水土保持相關因子之探究

1.研究步驟：

- (1) 承實驗 4-2，在校園邊坡所圍出的四個區塊（50×90cm²）中，將生長一個月的植物草體小心挖掘出，以保持根系的完整。從中取出 100 棵完整的植物個體，測量其中 10 棵的根長並記錄之，以瞭解其與水土保持之關連。
- (2) 接者剪下 100 棵植物體的葉子，烘乾（或壓乾）後測量其乾重，以瞭解葉子（相當於木本植物的樹冠層）截留雨水，減少雨水直接打擊地面之量與防止土壤沖蝕之關聯。

2.研究流程：

		
一個月生長期	挖掘植物體	植株構造測量

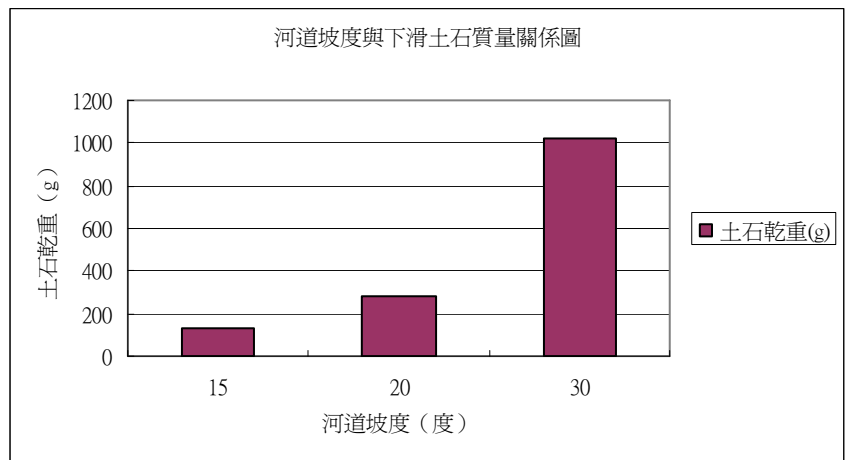
伍、研究結果

一、探討地形因子對土石流的影響

(一) 實驗 1-1：找出最易造成土石流之河道坡度

1. 實驗結果：

河道坡度	沖刷下來之土石乾重 (平均值)
15 度	135g
20 度	285g
30 度	1012g



2. 結果分析：

根據文獻，土石流最易發生的角度為 15~30 度，而依據實驗結果河道坡度為 30 度時，被沖刷下來的土石量約為坡度 20 度的 3.55 倍，15 度的 7.50 倍，因此我們找出最易造成土石流之坡度為 30 度，後續實驗將以 30 度為河道坡度。

二、選擇適合水土保持相關實驗之草種

(一) 實驗 2-1 從文獻中找出適合研究之水土保持植物 (禾草類)

1. 實驗結果：

(1) 水土保持應用禾草之相關資料：

草種	生長速度	固土能力	耐瘠	耐旱	耐濕	耐暑	耐寒	耐蔭	耐踐踏	主要水土保持用途
高狐草	快	高	..	...	..	..	...	..	.	邊坡穩定
黑麥草	快	中	..	.	..	.	...	..	.	噴植草種
假儉草	中	高	...	..	..	...	..	..	..	邊坡穩定
百喜草	中	高	..	...	..	...	..	..	...	邊坡穩定

(2) 草種特徵介紹：(如附錄)

2. 結果分析：

由文獻及參考資料中我們找到了高狐草、黑麥草、假儉草及百喜草作為主要實驗對象。高狐草因其固土能力高，對環境耐受力強，用途多為邊坡穩定；假儉草為本校邊坡植生草種；百喜草為台灣目前主要推廣之一般邊坡、裸露地及蝕溝控制用草種，因此我們以百喜草作為比較對照組。而黑麥草為廠商推薦，較適合冬天種植的草種，故以上四種為本次實驗之主要草種。

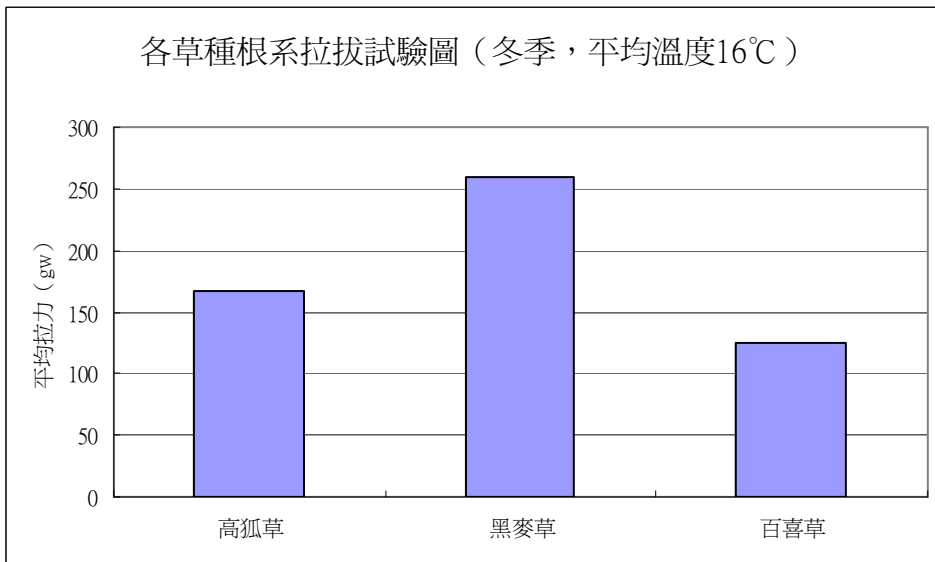
三、探討坡地植生草類之根系與防止土壤沖蝕之間的關係

(一) 實驗 3-1 於自製河道上進行坡地植生草類之種植，並進行根系力學試驗（根系拉拔試驗），找出根系拉力最強之草種

1. 實驗結果：

(1) 根系拉拔試驗一（冬季，平均溫度 16°C）：

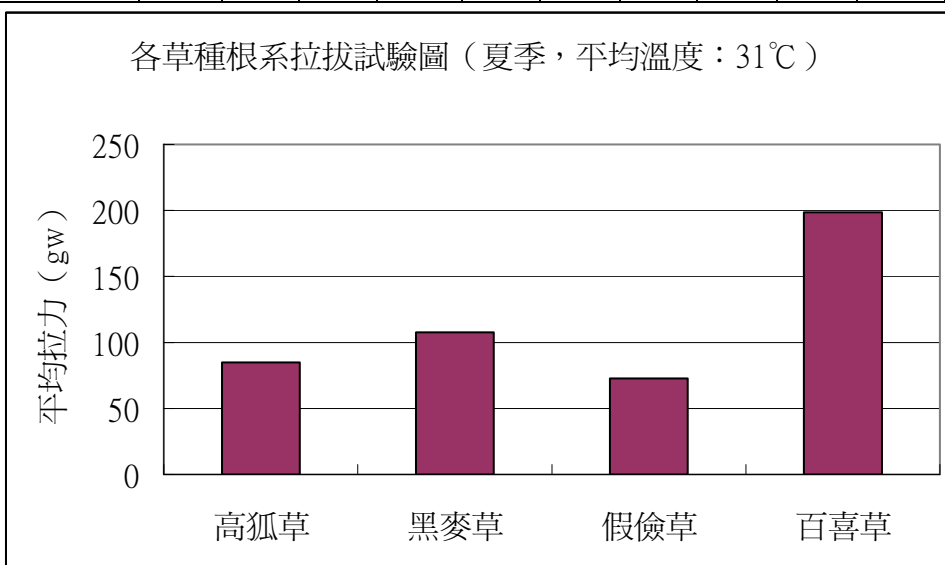
草種名稱	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10 次平均拉力 (gw)
高狐草	40	80	80	200	140	200	180	250	250	250	167
黑麥草	300	260	250	250	200	320	300	220	250	240	259
百喜草	150	80	110	130	220	60	80	160	140	120	125



附註：假儉草因無發芽而無法測試。

(2) 根系拉拔試驗二（夏季，平均溫度 31°C）：

草種名稱	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10 次平均拉力 (gw)
高狐草	80	90	100	90	100	60	90	80	70	90	85
黑麥草	100	150	100	80	100	120	90	100	110	120	107
假儉草	100	50	60	70	50	60	60	90	100	80	72
百喜草	200	100	250	150	200	220	250	180	230	200	198



2.結果分析：

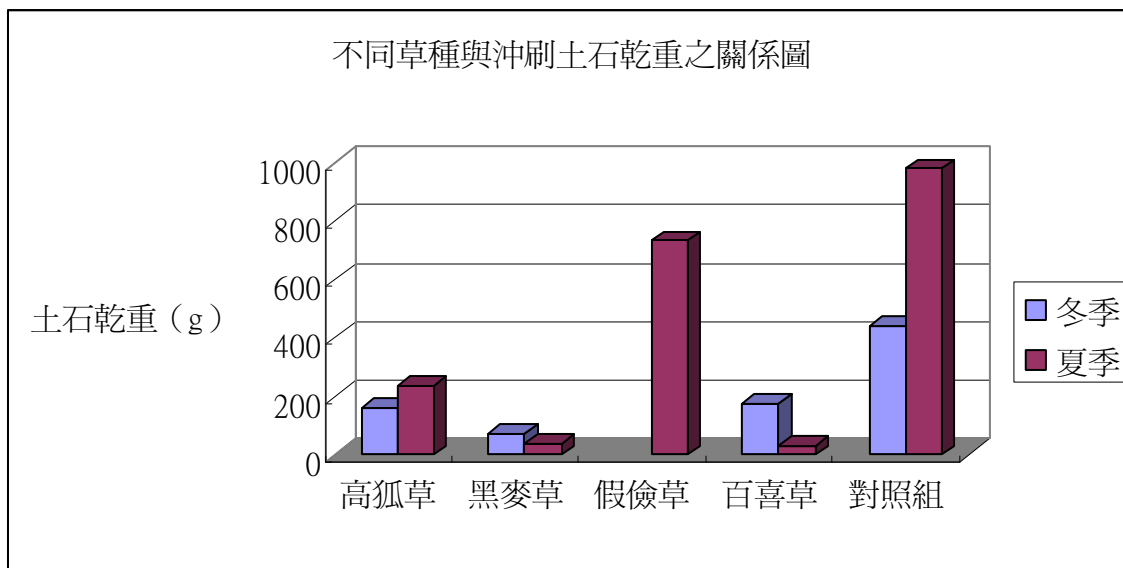
- (1) 冬季時：黑麥草所能承受的拉力最大，為百喜草的 2.07 倍；其次是高狐草，為百喜草之 1.34 倍。而假儉草則可能因天氣太冷，室外種植完全不發芽，因此無法列入計算。
- (2) 夏季時：百喜草所能承受的拉力最大，為黑麥草的 1.85 倍，高狐草的 2.33 倍，假儉草的 2.75 倍。

(二) 實驗 3-2 以固定雨量沖刷自製河道，探討不同草種防止土壤沖蝕之能力

1.實驗結果：

草種名稱	冬季乾重 (g)	夏季乾重 (g)
高狐草	160	234.2
黑麥草	72.5	40.1
假儉草	*	732.2
百喜草	175	31.4
對照組	440	980

附註：*代表冬季假儉草因沒有發芽而無法測試。



2.結果分析：

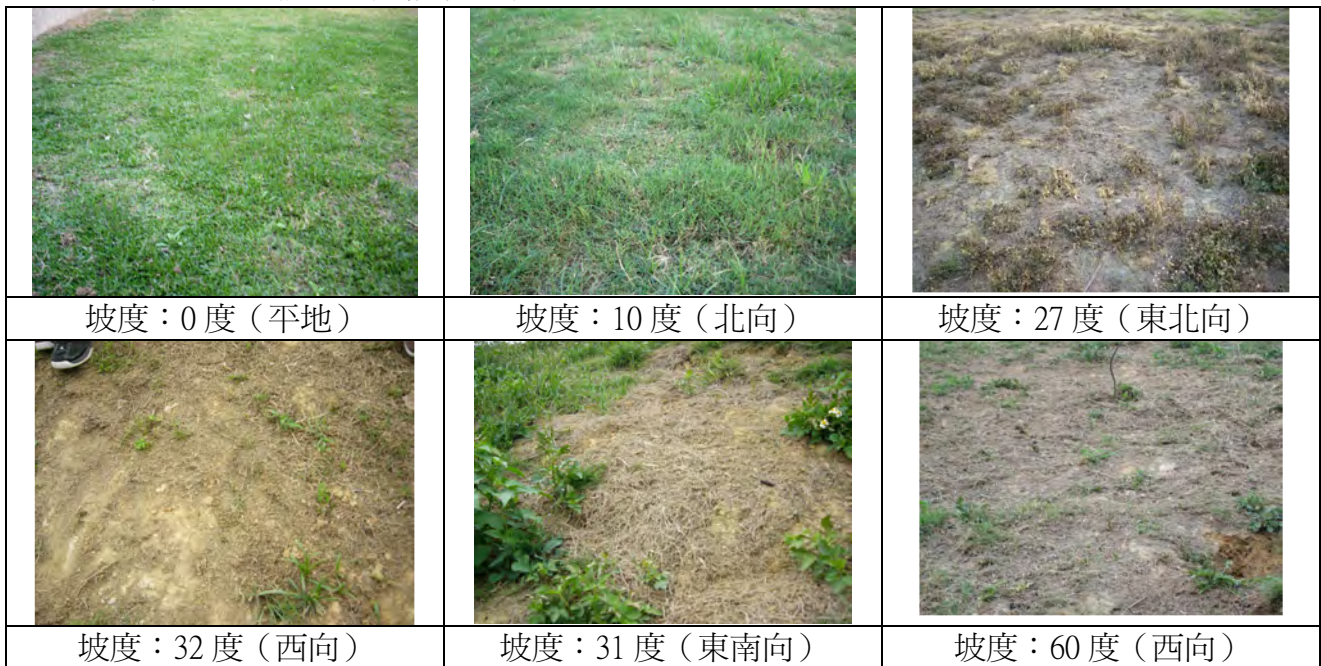
- (1) 冬季時：防止土壤沖蝕之能力為黑麥草 > 高狐草 > 百喜草
- (2) 夏季時：防止土壤沖蝕之能力為百喜草 > 黑麥草 > > 高狐草 > > 假儉草

四、探討本校校園邊坡水土保持不良的問題，並以實驗草種佐證進行研究

(一) 實驗 4-1 探討校園邊坡植物生長不良之原因及如何改善校園邊坡水土保持的情形

1. 實驗結果：

- (1) 本校邊坡植物主要為假儉草。
- (2) 校園邊坡植物生長情形如下圖：



2. 結果分析：

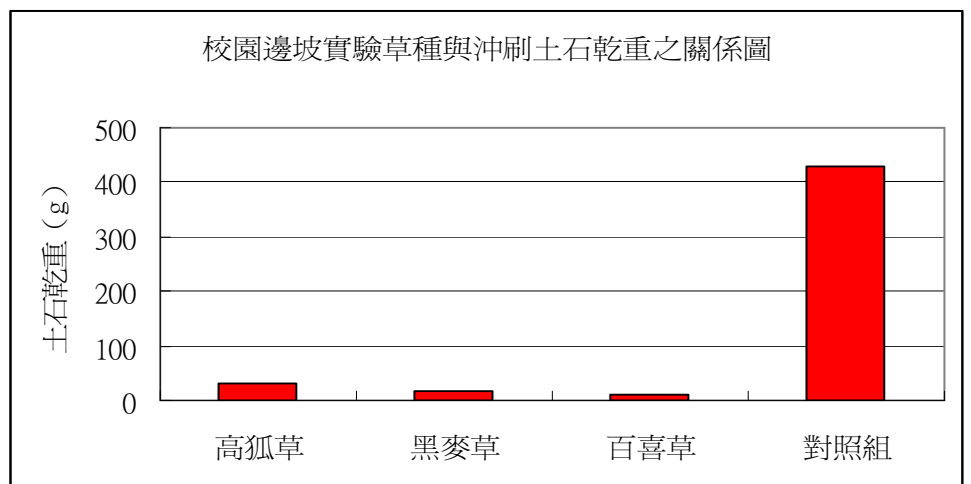
針對校園邊坡植物生長不良的情形，從以上的圖可以歸納出幾個原因：

- 坡度過大
- 迎風坡與背風坡
- 西曬
- 主要植被--假儉草不耐寒

(二) 實驗 4-2 以實驗草種進行校園邊坡穩定之實驗

1. 實驗結果：

草種名稱	土石乾重 (g)
高狐草	30.3
黑麥草	18.4
百喜草	9.8
對照組	430



附註：假儉草因無發芽而無法測試。

2. 結果分析：

以實驗草種防止邊坡土壤沖蝕能力作為比較，依序為百喜草 > 黑麥草 > 高狐草

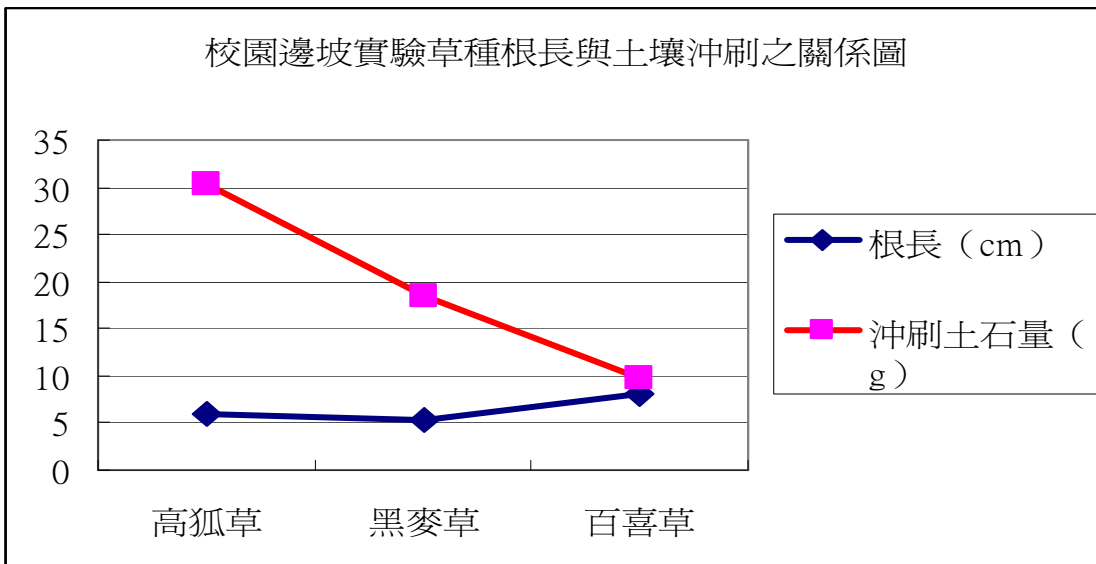
五、探討實驗草種根系生長情形與水土保持之關連

(一) 實驗 5-1 校園邊坡實驗草種根系、葉子生長情形及其他與水土保持相關因子之探究

1. 實驗結果：

(1) 實驗草種根長與土壤沖蝕之關係：

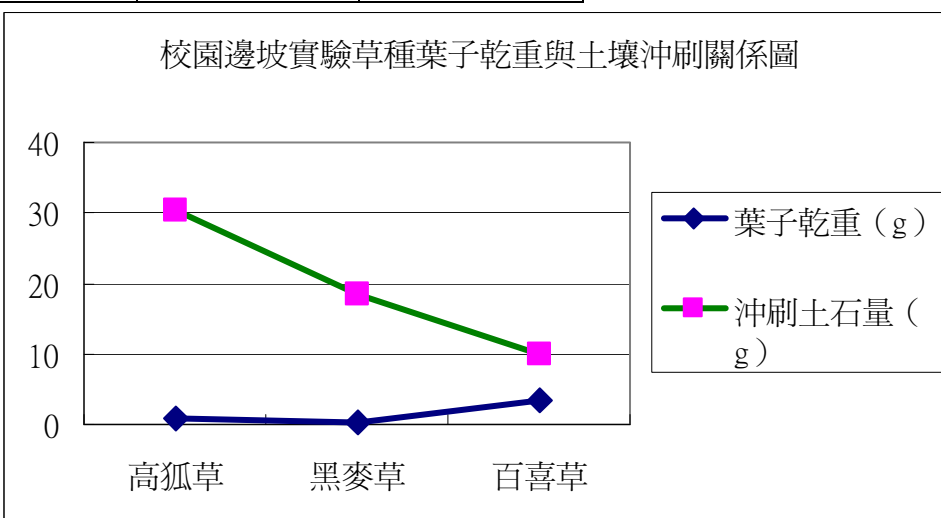
根長	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均 (cm)	土石乾重 (g)
高狐草	6	6.4	6	5.4	5.8	6.6	6.4	7	5.1	5.4	6.01	30.3
黑麥草	4.6	4.2	5.1	5.3	8.3	3.8	7.6	6.1	4.1	4.3	5.34	18.4
百喜草	10.7	7.7	8.3	8.6	8.4	5.8	8.6	5.7	7.8	8.9	8.05	9.8



附註：假儉草因無發芽而無法測試。

(2) 實驗草種葉子乾重與土壤沖蝕之關係：

草種	葉子乾重 (g)	土石乾重 (g)
高狐草	0.9	30.3
黑麥草	0.3	18.4
百喜草	3.5	9.8



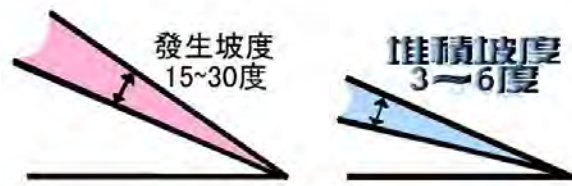
附註：假儉草因無發芽而無法測試。

2. 結果分析：根長及葉子乾重與土壤沖刷程度有負相關（接近反比）的關係。

陸、討論

一、探討地形因子對土石流的影響：

根據文獻，土石流最易發生的角度為 15~30 度，而實驗結果當河道坡度為 30 度時，被沖刷下來的土石量約為坡度 20 度的 3.55 倍，15 度的 7.50 倍，因此我們找出最易造成土石流之坡度為 30 度來進行後續的實驗。因坡度小於 30 度之裸露地，植物的根系較易深入土壤中，也可避免因重力作用而使表層土壤不安定，故後續有關坡度的試驗均以 30 度為基準。



土石流發生地點之坡度大約在 15~30 度間為多，而堆積地點以 3~6 度間為多

二、選擇適合水土保持相關實驗之草種：

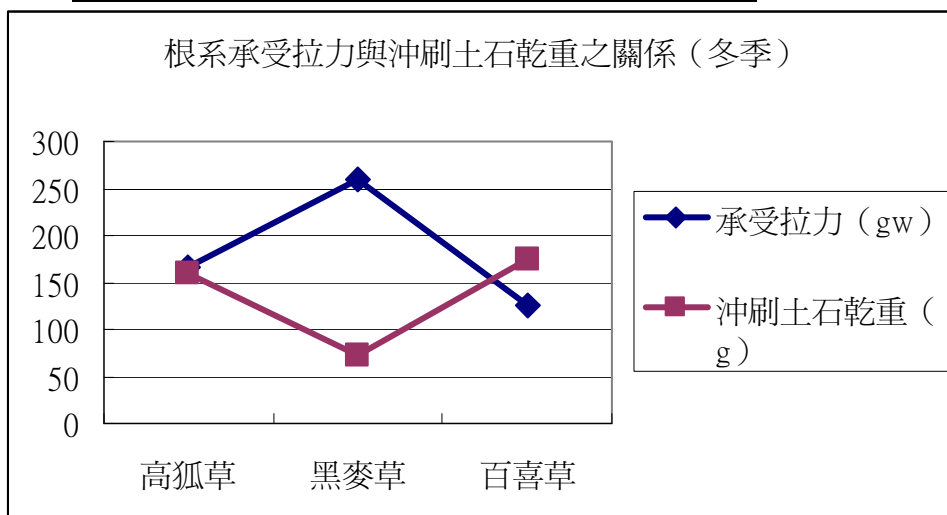
由文獻及參考資料中我們找到了高狐草、黑麥草、假儉草及百喜草作為主要實驗對象。

- (一) 高狐草：固土能力高，對環境耐受力強，用途多為邊坡穩定。
- (二) 黑麥草：因科展實驗開始為冬天，黑麥草相當耐寒，固土能力佳，為較適合冬天種植的草種。
- (三) 假儉草：為本校邊坡植生草種，因校園邊坡水土保持不佳，因此作為研究題材。
- (四) 百喜草：為台灣目前主要推廣之一般邊坡、裸露地及蝕溝控制用草種，因此作為比較組。

三、探討坡地植生草類之根系與防止土壤沖蝕之間的關係：

(一) 冬季時根系承受拉力與沖刷土石乾重之關係：

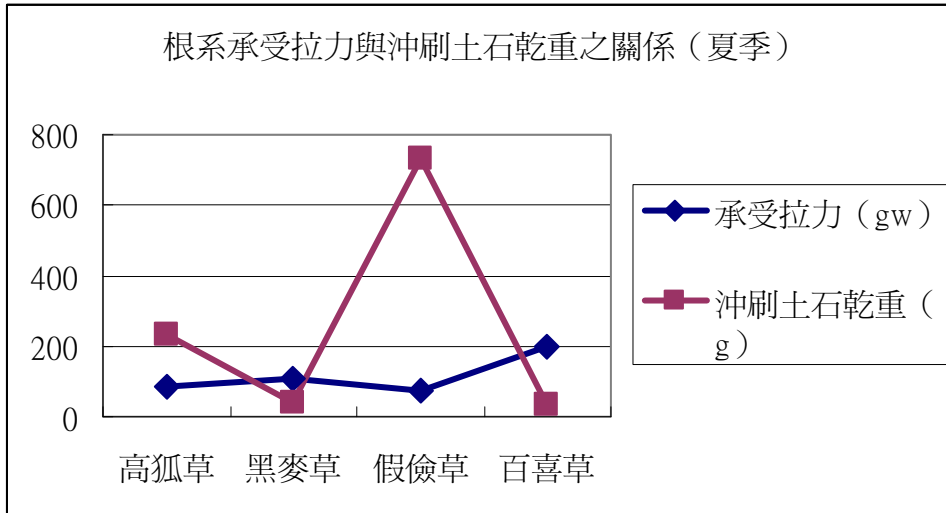
草種名稱	10 次平均拉力 (gw)	冬季乾重 (g)
高狐草	167	160
黑麥草	259	72.5
百喜草	125	175



附註：假儉草因無發芽而無法測試。

(二) 夏季時根系承受拉力與沖刷土石乾重之關係：

草種名稱	10次平均拉力 (gw)	夏季乾重 (g)
高狐草	85	234.2
黑麥草	107	40.1
假儉草	72	732.2
百喜草	198	31.4



(三) 由上圖可知，根系所能承受拉拔力道越大，其沖刷下來的土石越少，防止土壤沖刷能力越好。

四、探討本校校園邊坡水土保持不良的問題，並以實驗草種佐證進行研究：

(一) 校園邊坡植物生長不良之原因：

1. 環境因子：

- (1) 坡度：坡度大於 30 度時，因重力作用使得表層土壤不安定，致使種子無法固定，植物自然入侵繁殖較為緩慢，因此覆蓋情形會隨著坡度越大而越差。
- (2) 邊坡方向：因台灣冬天吹東北季風，因此東北向的植物常因強風吹襲而使生長趨緩，迎風坡植物的生長情形往往要比背風坡來的差。
- (3) 日曬情形：受到西曬的植物往往因為陽光照射時間長、光線較為強烈，致使土壤表層難以留住水分變得相當乾燥，而根系大多分佈在表層土壤的禾草植物便難以生存。

2. 生物因子：

- (1) 草種特性：本校邊坡植生草種主要為假儉草，根據我們的實驗結果，假儉草非常不耐寒，尤其是去年冬天非常冷，而且寒流很多，低溫的時間持續很久，非常不利假儉草的生長，因此大量枯死導致邊坡裸露的情形非常嚴重。

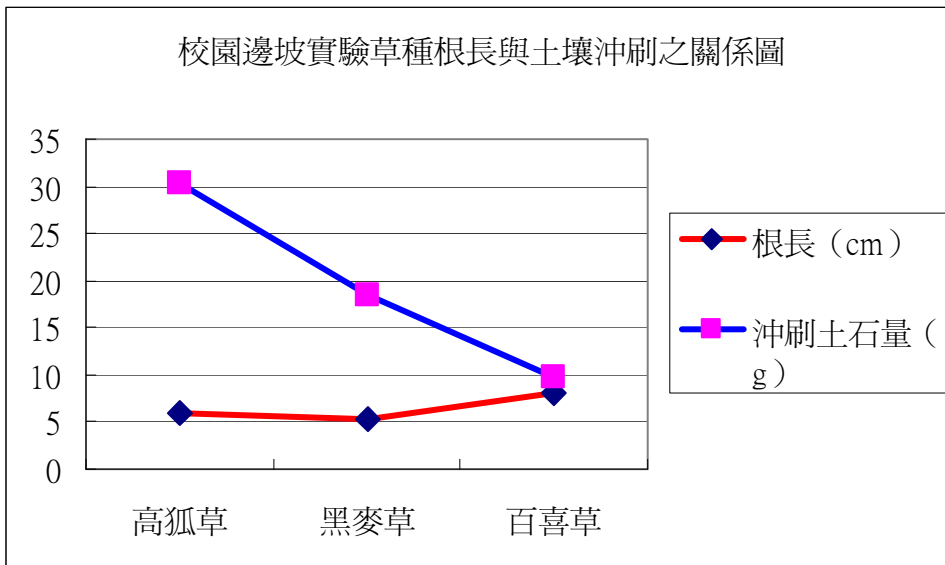
(二) 如何做好校園邊坡的水土保持：

針對上述校園邊坡植物生長不良的原因，我們可以從以下幾個層面來著手：

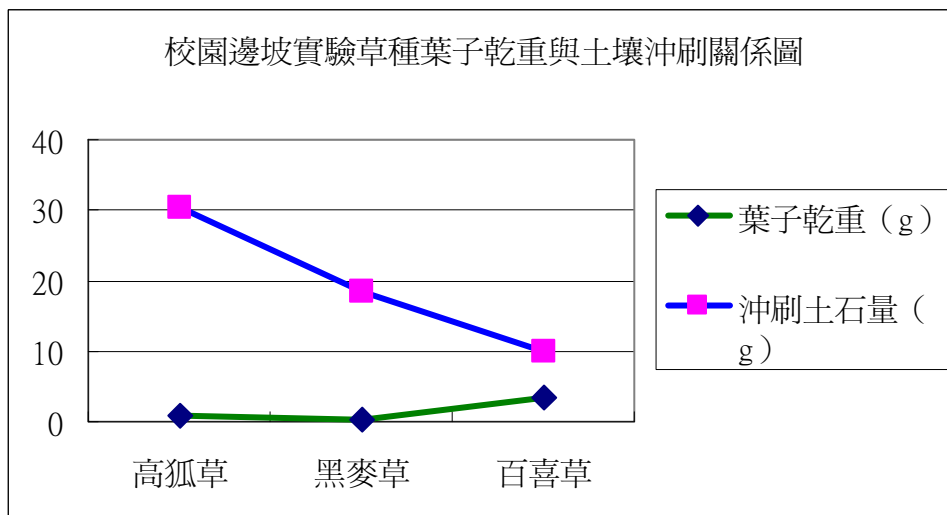
1. 改變斜坡坡度：可將坡面挖成連續階段，於階段之小平台上種植固土植物。
2. 提高土壤含水量：設置灑水器，定時灑水，可減輕日曬造成的乾枯。
3. 改變植生草種：假儉草雖有一定的固土能力，但因其不耐寒，冬天時會乾枯甚至死亡而降低固土能力，因此建議可以同時種植不同品種的植生草種，如本次實驗結果較為優良的黑麥草或百喜草，耐寒能力或固土能力較強，繁殖速度快，可以提高水土保持的能力。

五、探討實驗草種根系生長情形與水土保持之關連：

(一) 校園邊坡實驗草種根長與土壤沖刷之關係：



(二) 校園邊坡實驗草種葉子乾重與土壤沖刷之關係：



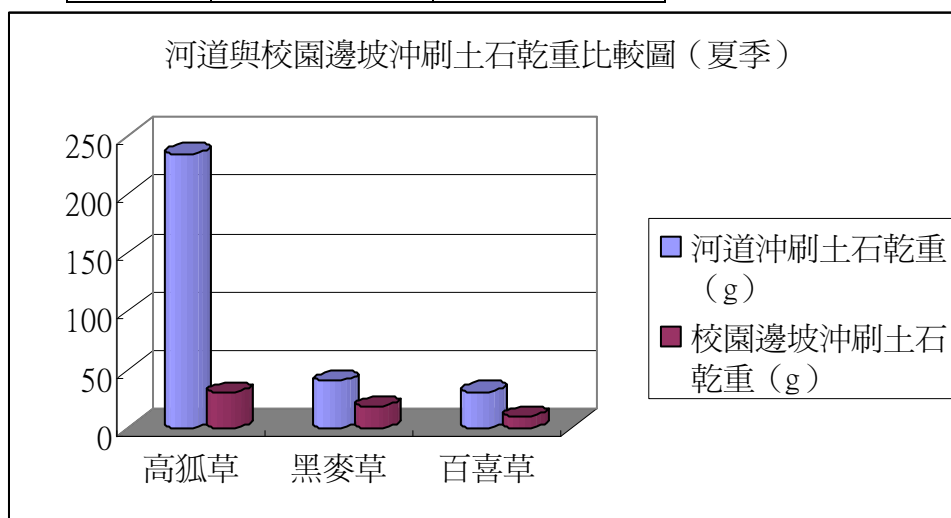
(三) 由以上兩張圖可知：

- 1.根系越長，固土能力越好，防止土壤沖刷的程度就越佳。
- 2.葉子乾重越重，減少雨水直接打擊地面的能力越明顯，則土壤沖刷的程度便越少。

柒、結論

一、**邊坡角度與邊坡穩定植物之關係**：邊坡角度越大，所造成之土石流情況越嚴重。根據文獻資料（水土保持植生工程，林信輝，2004），若坡度在 30 度以下，可以禾草植物作為邊坡穩定之用；若坡度在 30 度以上，則因重力作用而使表層土壤不安定，故需加入灌木植物以固定土層。因此在本實驗中，校園邊坡為 27 度，自製河道為 30 度，以相同實驗草種進行土壤沖刷實驗時，校園邊坡所沖刷下來的土石量比自製河道來得少。

草種	河道沖刷土石乾重 (g)	校園邊坡沖刷土石乾重 (g)
高狐草	234.2	30.3
黑麥草	40.1	18.4
百喜草	31.4	9.8



造成以上的原因有：

- (1) 坡度大小：坡度越大，土石流越明顯
- (2) 土壤厚度：河道的土壤厚度有限，無法讓植物的根順利生長，根據實驗 5-1 的結果，根系越長，固土能力越佳，因此在邊坡上所生長的草種其固土能力會較河道上的草種為佳。

二、探討坡地植生草類之根系如何應用於植生工程與水土保持

(一) 植生草類與植生工程及水土保持之關聯：

根據文獻資料（水土保持植生工程，林信輝，2004），草本植物的根系雖不如木本植物來的具有防災能力，但仍具有相當的保育功能。山坡地之土壤若失去草本植物的保護，沖蝕的現象隨即產生。草類具有一些特性，對於水土資源保育具有相當大之貢獻，其特性如下：

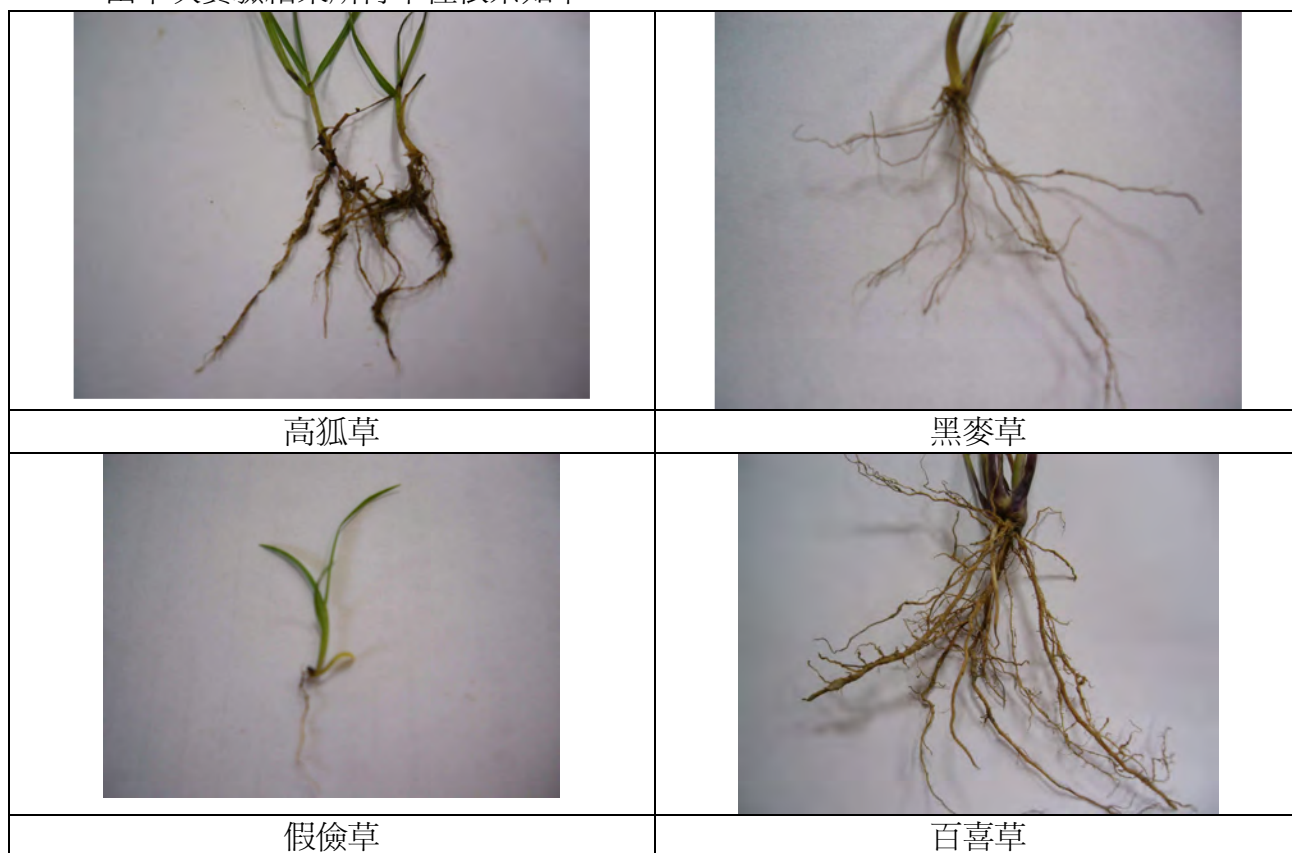
1. 莖矮且柔嫩，生活史短，枯死後可作為土壤中之有機質。
2. 生長快速而密集，匍匐地面，可覆蓋土壤免受侵蝕。
3. 草類種類繁多，可因地制宜，選擇適合當地條件的草種種類，克服惡地形。
4. 草類的根系短，分佈在土壤表層，可擔任固結土壤的角色。
5. 具自播性、易繁殖、生命力強、侵略性強，適合初期快速之荒山綠化用。

而在植生導入作業（植生工法）之種類與工作項目中，主要可以分為「播種法」與「栽植法」兩種。栽植法係利用扦插、分株或育苗苗木栽植於坡面上；播種法係以植物種子為材料之植生方法。目前台灣坡面植生以播種法為主，栽植法為輔，主要是因播種法適於廣大面積之迅速覆蓋，對土壤之保護較具時效，施工方便，節省經費與時間。而本次實驗所得到的結果，以黑麥草最符合上述之條件。當然，氣候是決定植物生長

的重要因子，季節不同，禾草種類也應隨之調整。但不論選取何種草種，對於邊坡穩定之植生工程施作時，禾草植物是不可或缺的重要角色。

(二) 植生草類根系與植生工程及水土保持之關聯：

由本次實驗結果所得草種根系如下：



1.由上圖我們可以得到以下結論：

- (1) 百喜草的根系在夏季時因生長情況較冬季為佳，長度較長，鬚根量多，其抗拉拔的能力較高，因此固土能力較好；且其鬚根上的分支與其成接近垂直的狀態，此與植生工程中「固定框框內植生」法中錨釘與坡面垂直方向打入土層的型態類似，因此可以固定不安定的土石，減少土壤沖刷。
- (2) 黑麥草的根系與百喜草較相似，雖同為鬚根系，與其他草種相較，其鬚根的量較多，因此抗拉拔的能力較好，固土能力也相對提昇。唯黑麥草較不耐熱，雖然其生長速度為四種草種之冠，但遇到夏季時生長情形會較差，影響其固土能力。
- (3) 高狐草鬚根量較少，表土固定能力較差，在坡度越陡的坡面越容易從立體的結構變成平面的結構，固土能力便會減弱。且高狐草在夏季的生長情況明顯比冬季差，與其他草種競爭力弱，因此防止土壤沖刷的能力也相對減小。
- (4) 假儉草：不論是冬季或夏季生長情況皆很差，尤其是天氣很冷或氣候乾燥，均會導致其生長不良或無法發芽；即使發芽，也如上圖所示，根系相當單薄，很難發揮固土能力，這也可能是造成校園邊坡水土保持不良之主因。

2.草本植物的根系雖不如木本植物來的具有固土能力，但仍具有相當的保育功能。山坡地之土壤若失去草本植物的保護，沖蝕的現象隨即產生。植生工程的進行，會考慮到植生演替之機制與功能，演替的過程為：裸露地→地衣或蘚苔類→一年生草類→多年生草類→陽性樹種群落→陰性樹種群落，故草本植物是不可或缺的角色。若能選擇根系生長較廣泛、分佈情形與木本植物軸根系相近的禾草植物，其水土保持能力應會相

對提昇。

- 3.由根系拉拔實驗與土壤沖蝕實驗可以看出根系的抗拉能力與防止土壤沖蝕有關。而根系的抗拉能力則與根系的分佈型態有關。一般而言，草本植物與木本植物的根系型態有顯著不同，草本植物的根系不照重力方向向下面生長而是側向伸長，如此不論土壤鬆軟與否，根系伸長的方向皆相同。也就是草本植物的根系型態，在越陡的坡面越會從立體的結構變成平面的結構。因此，若鬚根的分支可以垂直鬚根的方向生長，則其整體的結構便可立體化，可以有效的防止土壤沖蝕。此外，草本植物的群落較單純，導致其水土保持效果較差。因此，若能找出草本植物的根系型態較接近木本植物的根系型態的種類，或是綜合兩者的優點～生長速度快與深入土層，那麼此物種將會是優良的邊坡穩定草種。

捌、參考資料



- 一、地球上的生物—植物界—被子植物—根系。國中自然與生活科技（1下）。康軒文教事業股份有限公司。民國 100 年。
- 二、土石流防災資訊網（246.swcb.gov.tw/weather/rainfall/rainfall.asp）
- 三、行政院農業委員會水土保持局（www.swcb.gov.tw）
- 四、林信輝、呂金誠、林昭遠。水土保持植物簡介禾草篇。行政院農業委員會，國立中興大學，台灣省水土保持局。民國 88 年。
- 五、林信輝。集水區植生群落調查應用手冊。行政院農業委員會水土保持局。民國 97 年。
- 六、林信輝。坡地植生草類與綠肥植物。行政院農業委員會水土保持局。民國 95 年。
- 七、林信輝。水土保持植生工程。高立圖書有限公司。民國 93 年。
- 八、詹昆樺、陳俊穎、張哲維、張世英。土石流不流-探討土石流成因、對橋墩的破壞及預防機。第 48 屆中小學科學展覽作品。民國 97 年。

玖、未來展望

- 一、本次實驗所使用的黑麥草，其防土壤沖刷的能力在冬季時要比台灣目前推廣一般邊坡、裸露地及蝕溝控制用的百喜草及本校邊坡穩定種植的假儉草要高出許多，其主要的原因為黑麥草耐寒，且生長速度快，可以有效的覆蓋表土達到邊坡穩定的效果。若能持續研究不同草種在一年中不同氣候下的生長情形及根系拉拔試驗，相信會更具有參考價值。此外，不同的地形、風向所適用的草種皆不同，若以不同屬性草種混植，截長補短，或許會有更好的固土能力，這是未來可以繼續發展的研究方向。
- 二、研究木本植物根系的文獻並不多，研究草本植物根系的文獻更是少之又少，因根系之調查，實為一困難而繁重之工作。植物根系除了具有其生理作用之外，更具有固土網結之機械功能，其作用主要取決於根系的分佈狀態與力學強度，故植物地下部分之研究相當重要，因此本實驗希望能從生長期短、生命力強的禾草身上尋找可用來作為水土保持、邊坡穩定的利器，而根系便是最直接的研究對象。未來實驗希望能多研究各種草本植物的根系型態，雖同為鬚根系，但其型態多變，相當具有研究價值。我們期待取法自然、用於自然，希望人類在使用自然資源時，同時也能夠保護大自然，讓綠水常流，地球永在。

壹拾、附錄

草種特徵介紹：

組別	草種名稱	特徵介紹	種子圖片/草體圖片
實驗組 1	高狐草	<p>學名： <i>Festuca arudinacea</i> Schreb.</p> <p>英名： Tall Fescue</p> <p>別名： 蘆狀羊茅</p> <p>特性： 為多年生深根性禾草，稈直立叢生，無根莖，高 50~80 公分。葉片長披針型，表面粗糙，葉基部向中肋呈摺疊狀，長 20~35 公分，寬 0.6~1.0 公分。花為圓錐花序，直立，長 15~30 公分，小穗長 1.2 公分，具 6~8 朵小花，種子長約 0.6 公分，發芽率極高。每公克約 400 粒。</p>	 
		實驗組 2	黑麥草

<p>實驗組 3</p>	<p>假儉草</p>	<p>學名： <i>Eremochloa ophiuroides</i> (Munro) Hack. 英名： Centipede grass、Lazy-man's grass 別名： 蜈蚣草、小牛鞭草 特性： 多年生，稈叢立，具橫走之匍匐莖，走莖節間短，匍匐延伸，多葉，株高 5~15 公分。葉色深綠，寬 0.3~0.4 公分，長約 4 公分，葉背及葉緣具短毛，先端鈍，葉舌小長約 0.2 公厘。花為單一總狀花序，似穗狀花序，近圓筒狀，光滑，長約 2~6 公分，長於走莖腋間或先端，每年 5 月下旬至 10 月抽穗，花梗細。小穗成對，兩型。種子紫紅色，長 0.2 公分，每公克 1600 粒。分布中國大陸、中南半到及菲律賓地區。屬台灣本地草種。</p>	 
<p>實驗組 4</p>	<p>百喜草</p>	<p>學名： <i>Paspalum notatum</i> Fliigge 英名： Bahia grass 用途： (一)作為覆蓋作物及敷蓋材料：配合主作物的栽植管理，於株行間栽植，一般有全園栽植及帶狀栽植。至於敷蓋則是割草鋪於主作物週圍。 (二)邊坡植生綠化：栽植於道路邊坡、平台階段台壁或其他斜坡面，以達綠化及坡面保護效果。 (三)庭園草坪或農路路面植生：栽植於庭園、操場或農路面等，以達環境綠化效果。 (四)草溝：將百喜草栽植於排水溝面以取代水泥、塊石等材料，適用於坡度 50% 以下、流速不超過每秒 3.33m 的條件，其最大溝長可達 35m。 (五)蝕溝控制：藉百喜草所具有深而發達的根系，應用在合適的立地條件下，以抑止沖蝕溝的發生或擴大。</p>	 

【評語】 030303

1. 要把植生草種用於水土保持，有時要考慮植物生長環境，有時在研究室上的數據在田野實驗是不能呈現的。
2. 數據呈現缺乏標準差，尤其作者已經量過3次以上的數據，圖表的呈現要改善。
3. 學生研究認真，值得鼓勵。