

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 地球科學科

030507

高雄縣立阿蓮國民中學

指導老師姓名

曹鎮

作者姓名

曹俊清

葉俊廷

歐庭嘉

蕭永豪

目 錄

一、前言.....	1
二、研究動機.....	1
三、研究目的.....	1
四、樣品採集.....	1
五、研究設備器材.....	2
六、研究過程.....	3
準備步驟.....	3
實驗一：測定酸鹼度實驗步驟.....	3
實驗二：測定含鹽量實驗步驟.....	4
實驗三：測定可溶性陽離子實驗步驟.....	5
實驗四：泥岩土壤改良實驗步驟.....	8
植物生長情況紀錄.....	9
植物根部生長情況.....	11
鹽分敏感植物生長情況.....	11
七、分析與討論.....	13
泥岩之理化性質.....	13
泥岩的形成環境.....	14
泥岩對植物的影響.....	14
泥岩之植生改良.....	15
八、結論.....	15
九、建議事項與未來展望.....	16
十、參考文獻.....	17
附錄.....	17
註一：自動溫度補償校正法	17
註二：作物對交換性鈉之相對忍耐力.....	18
註三：鹽類對作物生長可能之影響.....	18
註四：降低土壤 pH 至 6.5 所需的硫磺量.....	18

「讓滄海變桑田」－泥岩的植生改良

一、前言

根據眾多文獻記錄，泥岩遍佈於台灣西南部丘陵地帶，北自嘉義、玉井，南至阿公店，西抵大岡山，分布面積廣達一千平方公里。由於泥岩的顆粒細小不易透水，乾燥時堅硬且易收縮龜裂，遇水則表層軟化，甚至整個風化層滑落，加上含有大量的可溶性鹽分，造成泥岩區普遍植生狀況不佳而形成惡地地形。

本報告針對在田寮月世界之泥岩及其物化性質加以研究，希望能找出影響泥岩不利於植生之重要因子，並改變此因子，使植物得以生長，期能增加土地利用並發揮水土保持之功效。

二、研究動機

有次上課講到沉積岩的分類，老師補充說其中顆粒最細的泥岩，其實就在學校附近的月世界一帶，於是段考結束後，同學們相約出遊到月世界一探究竟，面對大片荒蕪的不毛之地，只有稀疏的植物生長，讓我們感到十分的驚奇與惋惜，有同學說這附近從他阿公出生就是這個模樣，幾乎不可能種出東西來，回到家上網一查才知道原來這是所謂的惡地(Bad land)地形，植物難以生存，但這也引發了我們的興趣，想要了解其中的原因，並且嘗試去改良這些土壤，希望能夠種出具有經濟價值的植物。

三、研究目的

- 1.探討泥岩之形成環境背景
- 2.分析泥岩的基本理化性質
- 3.了解泥岩不利植物生長的因素
- 4.嘗試改良泥岩成分使植物易於生長

四、樣品採集

我們到高雄縣田寮月世界，採集岩石樣品 1 及樣品 2。敘述如下：

採樣地點：高雄縣田寮鄉，184 號公路旁之泥岩區採集

樣品 1: 泥岩區之山脊無植被處，採集地表以下 5cm 之泥岩樣本兩份，編號 1A、1B (採樣點座標：N 22° 53' 00.1" E 120° 22' 41.4") 如右圖



樣品 2: 泥岩區之山腳有植被處，採集地表以下 5cm 之泥岩樣本兩份，編號 2A、2B (採樣點座標：N 22° 53' 00.4" E 120° 22' 40.6")

如右圖



五、研究設備器材

1. 烘箱
2. 鋼碗
3. 電子秤
4. 1000c.c.量筒
5. 研鉢、研杵
6. 燒杯、玻棒
7. 濾紙：Advantec No1(孔徑 $6\mu\text{m}$)、5c(孔徑 $1\mu\text{m}$)；Pall supor-200(孔徑 $0.2\mu\text{m}$)
8. 抽氣棒、抽濾瓶、矽膠管、漏斗
9. PH 600 電子酸鹼度測定儀(Milwaukee 公司)
10. pH4.0 pH7.0 標準緩衝溶液
11. 蒸餾水
12. eTrex Summit 全球衛星定位系統(Garmin 公司)
13. 塑膠袋
14. 紙筆
15. 標籤
16. 地質鐵鎚
17. 數位相機
18. 塑膠瓶
19. 震盪器
20. 離心機(Heraeus 公司)
21. AAnalyst 300 原子吸收光譜分析儀(Perkin Elmer 公司)
22. 塑膠桶、矽膠管
23. 石膏(含水)粉
24. 硫磺粉

25. 有機肥料(全氮 4.0%、全磷酐 2.0%、全氧化鉀 1.5%、有機質 70%)
26. 有機栽植土(泥炭土、蛇木屑)
27. 塑膠花盆
28. 番茄種苗(改良 6 號)
29. Intel Pentium III 電腦一台
30. 應用軟體：Microsoft Word Microsoft Excel

六、研究過程

【準備步驟】

(一) 實驗器材：五之 3.5.6.11.14.16.17

(二) 實驗步驟：

1. 將在採集區取得之樣品 1-2，為求數據準確性並減少採樣誤差，用電子秤於每袋中各取三份 40g 樣品，分為甲乙丙三組，用鐵鎚敲碎。
2. 將各樣品分別以研鉢研細後倒入燒杯中。
3. 以蒸餾水各加水至 250ml，用玻棒攪拌均勻。
4. 每隔 1 小時攪拌一次，連續 8 小時，而後靜置所有樣品 24 小時，使其沉澱。

【實驗一】測定酸鹼度實驗步驟：

(一) 實驗器材：五之 6.9.10.14.17

(二) 實驗步驟：

1. 校正儀器：校正 PH 600 電子酸鹼度測定儀。(步驟如註一)
2. 將 pH 計放入各樣本燒杯中，待其數值穩定並加以紀錄。
3. 於各樣本燒杯中取三次測量值並求其平均值。

酸鹼度測量數據

<u>pH 值</u> 樣品	甲組	乙組	丙組	平均	總平均
1A	8.6	8.7	8.7	8.67	8.70
1B	8.7	8.8	8.7	8.73	
2A	7.4	7.3	7.4	7.36	7.41
2B	7.5	7.4	7.5	7.46	

(三) 實驗討論：

1. 由實驗我們發現泥岩之pH值相當高，屬鹼性土壤，而且樣品 1 高於樣品 2，顯示鹼性愈強，對植物似乎有愈不利其生長之影響。
2. 推想其原因，樣品 2 位於山坡下，可能是山上的泥岩受到雨水的不斷沖蝕而滑落沉積於該處，相較於樣品 1 而言，樣品 2 充分受過雨水的搬運與浸泡，因此沖淡了它的鹼性。
3. 樣品 2 有植物生長，植物的根會分泌有機酸，枯枝落葉也會增加有機質，可能因此中和了鹼性。

【實驗二】測定含鹽量實驗步驟：

(一) 實驗器材：五之 1.2.3.6.7.8.11.14.17

(二) 實驗步驟：

1. 取空鋼碗並稱重。
2. 將實驗一用畢之澄清液以濾紙(Advantec No.1、5c)抽氣過濾，如上圖。
3. 將上一步驟之濾液再以濾紙(Advantec No.5c、Pall supor-200)抽氣過濾後倒入鋼碗中。(Pall supor-200 濾紙以快乾膠密貼於漏斗上)
4. 將鋼碗置入烘箱中烘乾，可得白色鹽結晶，再次稱重並扣除空鋼碗重，即得所含鹽重量。
5. 為避免鹽分殘留土壤中，每樣本再以蒸餾水各加水至 250ml，重複準備步驟 3.4.兩次並分別過濾、烘乾、稱重。
6. 將三次烘乾所得鹽重量相加，即得總含鹽量，再除以土重即得泥岩中含鹽量重量千分率。



鹽度測量數據

含鹽量 樣品 (g)	第一次 烘乾	第二次 烘乾	第三次 烘乾	合計(g)	平均(g)	千分比
1A 甲	0.12	0.04	0.00	0.16	0.15	3.75 ‰
1A 乙	0.14	0.04	0.02	0.20		
1A 丙	0.12	0.02	0.00	0.14		
1B 甲	0.10	0.02	0.00	0.12		
1B 乙	0.12	0.04	0.00	0.16		
1B 丙	0.10	0.02	0.00	0.12		

2A 甲	0.04	0.00	0.00	0.04	0.047	1.17‰
2A 乙	0.04	0.02	0.00	0.06		
2A 丙	0.04	0.00	0.00	0.04		
2B 甲	0.04	0.02	0.00	0.06		
2B 乙	0.04	0.00	0.00	0.04		
2B 丙	0.04	0.00	0.00	0.04		

(三) 實驗討論：

1. 經由實驗我們得知,泥岩中的可溶性鹽含量很高，且樣品 1 含量高於樣品 2，顯示鹽分愈高對植物生長愈不利。
2. 相較於樣品 1 而言，樣品 2 充分受過雨水的浸泡與淋洗，因此鹽度較低，所含的鹽分可能被雨水溶解而帶到低窪處，形成採樣過程中我們發現的地面白色結晶物，如右圖。
3. 第三次烘乾後仍有少量鹽分及殘餘物，如右圖，但礙於儀器靈敏度，無法做進一步的秤量，我們推測其中可能含有濾紙無法過濾的微細土粒。
4. 我們發現經過了三次的浸泡，可將大部分的鹽類溶出；為詳細了解該鹽的成分，設計了實驗三。



【實驗三】測定可溶性陽離子實驗步驟：

(一) 實驗器材：五之 3.4.5.7.11.14.17.18.19.20.21.29

(二) 實驗步驟(本實驗於成功大學進行)：

1. 將採取之樣品 1-2，用電子秤於每袋中各取 12 份樣品 5g。
2. 將各樣品研細分別倒入塑膠瓶中，加蒸餾水 100ml 後蓋上瓶蓋。
3. 將各樣本放入震盪器中，分別震盪 1、2、4、6、8、12、16、20、24、36、48、72 小時。
4. 將震盪完畢之塑膠瓶取出，用離心機以 3000 轉離心 30 分鐘，使固體顆粒沉澱，如右圖。
5. 將分離之澄清液以濾紙過濾後，以火焰式原子吸收光譜分析儀量測溶液中 K^+ 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 濃度(以mg/L表示)，如右圖。



可溶性陽離子測量數據(樣品 1)

時間 \ 濃度 (ppm)	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
1 小時	1.102	83.276	19.863	8.174
2 小時	1.568	85.723	20.018	8.316
4 小時	1.796	86.243	21.543	8.782
6 小時	2.137	87.515	21.862	8.926
8 小時	2.133	87.593	21.853	8.914
12 小時	2.149	87.569	21.874	8.933
16 小時	2.132	87.614	21.867	8.951
20 小時	2.144	87.556	21.871	8.943
24 小時	2.147	87.568	21.878	8.974
30 小時	2.156	87.541	21.865	8.937
36 小時	2.141	87.595	21.879	8.961
42 小時	2.160	87.623	21.886	8.948
48 小時	2.155	87.569	21.868	8.977
54 小時	2.148	87.586	21.876	8.971
60 小時	2.152	87.605	21.885	9.004
72 小時	2.143	87.611	21.873	8.989

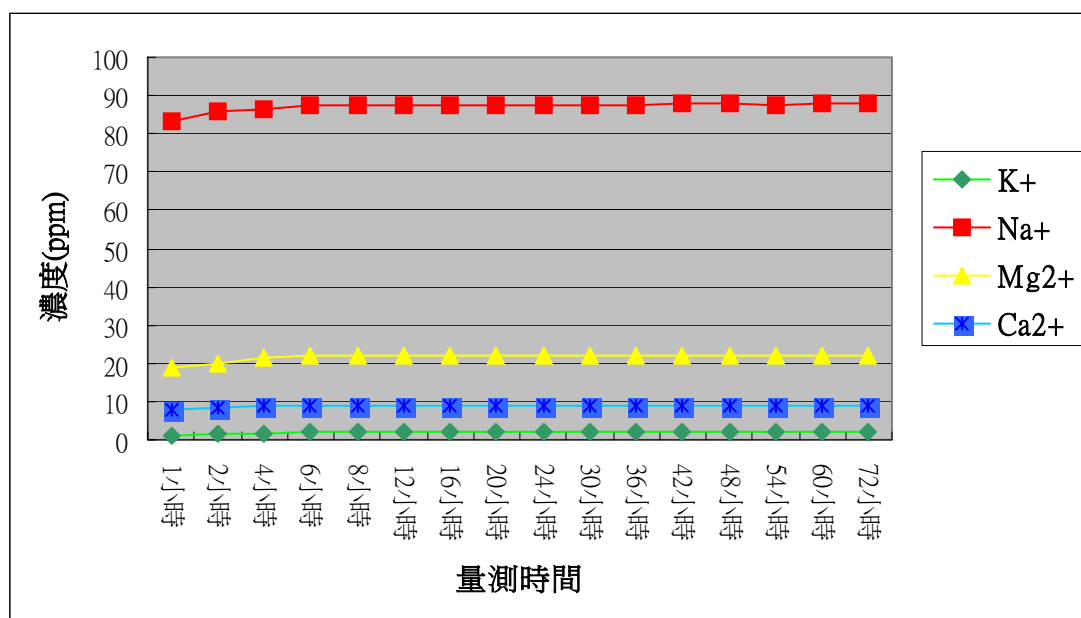
(註：mg/L＝濃度百萬分之一＝ppm)

可溶性陽離子測量數據(樣品 2)

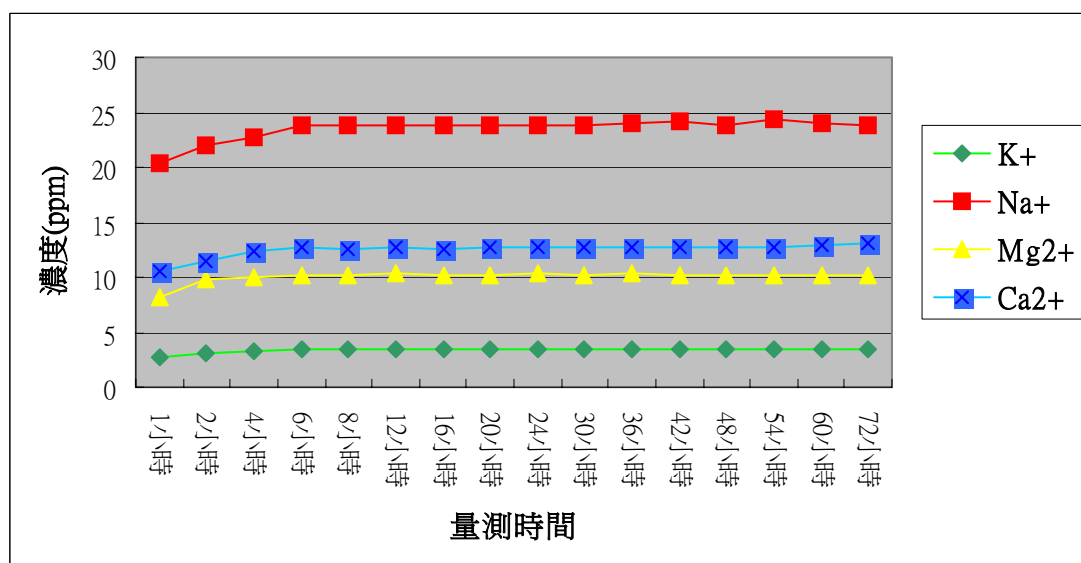
時間 \ 濃度 (ppm)	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
1 小時	2.869	21.089	9.513	11.456
2 小時	3.078	22.947	10.897	12.019
4 小時	3.256	23.357	10.059	12.357
6 小時	3.461	23.824	10.247	12.643
8 小時	3.475	23.837	10.251	12.635
12 小時	3.454	23.821	10.241	12.638
16 小時	3.479	23.839	10.263	12.627
20 小時	3.463	23.844	10.259	12.644

24 小時	3.468	23.829	10.266	12.641
30 小時	3.471	23.812	10.254	12.650
36 小時	3.482	23.824	10.278	12.639
42 小時	3.476	23.867	10.257	12.658
48 小時	3.481	23.828	10.240	12.647
54 小時	3.468	23.876	10.253	12.662
60 小時	3.472	23.933	10.264	12.659
72 小時	3.467	23.857	10.271	12.678

可溶性陽離子測量圖表(樣品 1)



可溶性陽離子測量圖表(樣品 2)



(三) 實驗討論：

1. 我們發現只要連續震盪約 **6~8 小時**，多數鹽類即可充分溶出於水中。
2. 樣品 2 之濃度變動較大，推測是因其位於有植生處，土壤中含有較多的有機質，對離子有吸收並延遲其溶出的效應。
3. 樣品 1 之 Na^+ 、 Mg^{2+} 含量均**高於**樣品 2，但 Ca^{2+} 含量卻**低於**樣品 2，顯示 Na^+ 、 Mg^{2+} 含量愈高，對植物生長愈不利，而 Ca^{2+} 對植物生長有正面的效果。
4. 為改良土壤，我們設計了實驗四，利用石膏中的 Ca^{2+} 來取代泥岩中過多的 Na^+ 、 Mg^{2+} ，使其有利於植物生長；添加硫磺以降低pH值；並且添加有機質以增加土壤孔隙，使根部易於伸展。

【實驗四】泥岩土壤改良實驗步驟：

(一) 實驗器材：五之 3.4.6.11.14.16.17.22.23.24.25.26.27.28

(二) 實驗步驟：

1. 秤取樣品 1 之土樣 1300g(約 1000cm^3)四份，用鐵鎚敲碎後，依下列處理分為 5 組：



(1)第 1 組(純泥岩)：不做任何處理。

(2)第 2 組(添加石膏改良)：

- a.於大塑膠桶中加入蒸餾水 6000ml 及石膏 12.58g 攪拌使其溶解。
- b.加入泥岩攪拌均勻，而後每隔 1 小時攪拌一次，連續 8 小時，如上圖。
- c.靜置樣品 12 小時，使其沉澱後以虹吸管排除澄清液。
- d.再加入蒸餾水 6000ml 及石膏 12.58g 攪拌均勻，重複 b.c.步驟二次。
- e.剩餘土壤置於室外曬乾後，以鐵鎚敲碎備用。

(3)第 3 組(添加石膏及硫磺)：

同乙之 a.~d.步驟，棄置澄清液後加入硫磺粉 2.1g 攪拌混合，靜置一周後置於室外曬乾，再以鐵鎚敲碎備用。

(4)第 4 組(添加石膏硫磺及有機質)：

同丙處理後，再混合有機栽植土，並添加有機肥。

(5)第 5 組(一般土壤)：

於學校後方之稻田中取土，並添加有機肥，作為對照組。

2. 將上述土樣分別置於花盆中，而後將番茄種苗植入。
3. 每日適量澆水並拍照紀錄生長情形。

植物生長情況紀錄

- 1.(2004/1/31)在塑膠花盆底部放濾紙以減少土壤流失，再將前述 1~5 組土壤置於花盆中，再植入番茄種苗，如右圖。



- 2.(2004/2/2)種植後三天：



- 3.(2004/2/6)種植後七天：



- 4.(2004/2/9)種植後十天：



- 5.(2004/3/2)種植後一個月：



6.(2004/4/2)種植後二個月：



7.(2004/4/23)種植後約三個月：



(三) 實驗討論：

- 1.我們發現生長於純泥岩之蕃茄成長最慢，葉片呈現捲屈狀並且不斷落葉，如右圖，開花後亦無法結果，最後終於枯死。
- 2.純泥岩在澆水約一週後，表面乾燥處開始出現鹽分結晶，顯示泥岩中含有大量鹽分，尤其植物枯死停止澆水後，更大量於表層出現結晶，如右圖。



- 3.添加石膏改良者雖不會枯死，但生長情況明顯不良，果實亦少，推斷是土壤中缺少養分且土質緊密，使根部難以生長所致。
- 4.約經過一個月時間，可明顯看出生長的差異，其中以對照組生長最佳，純泥岩則最差。
- 5.泥岩的保水能力不佳，我們發覺只要 1 天忘記澆水，隔日一早葉子即明顯萎縮脫水(添加有機質者較不明顯)，因此必須多澆水以保持土壤的濕潤。
- 6.澆水量每次亦不可太多，太多會使泥岩軟化而阻塞孔隙，使土壤愈加密結，有礙根部的發育；但水量太少又不足以供應植物生長，經過多次的嘗試，我們發現每次澆約 10~20 cc，一天澆水 3~4 次，是最適宜的狀態。

植物根部生長情況

(2004/4/26)為進一步探討泥岩對植物根部的影響，我們決定將其挖開以便觀察



6. 我們發現僅添加石膏者根部最稀少，且無法伸展開來；添加硫磺者根部稍有伸展，但根依舊稀少；添加有機質者最好，其根部伸展得相當開，與對照組相近，只是數量仍較少，顯示泥岩仍然比一般土壤難以生長。

鹽分敏感植物生長情況

為驗證此改良方法適用於番茄以外植物，我們再種植了對鹽分高度敏感的綠豆；以及中度敏感的苜蓿、小麥（詳見附錄二），其生長情況如下。

- 1.(2004/5/21)植入綠豆芽與苜蓿芽，如下圖：



2.(2004/5/24)種植後三天：



3.(2004/5/26)種植後五天：



4.(2004/5/28)種植後一週：



5.(2004/6/4)種植後兩週：



6.(2004/6/11)種植後三週：



實驗討論：

- 1.由上述實驗發現高度敏感的綠豆依然可以順利生長，顯示本報告之改良方法可應用於多數的植物。
- 2.改良後綠豆雖可生長，但存活率未能達到 100%，僅添加石膏者有三株枯死，添加硫磺有一株枯死，我們推測可能是土壤中的鹽分沒被完全洗掉、或是因為綠豆較不耐乾旱，有時稍晚些澆水，就使其因缺水而無法挽救，最後死亡。
- 3.中度敏感的苜蓿生長狀況極差，前三組在約五天內即完全枯死，添加有機質者雖可存活，但與一般土壤相較下，仍不算成功改良，我們推測因為苜蓿屬於淺根性植物，遇缺水容易枯死，又泥岩保水性不佳，因此不適於種植淺根植物。
- 4.為證實上述推論，我們決定再種植一種中度敏感的深根植物，為生長快速與方便起見，選擇小麥草作試驗，截至目前結果符合上述推論，如下所示。

1.(2004/6/14)先在鋼碗中培育小麥草：

2.(2004/6/18)將小麥草植入花盆中：



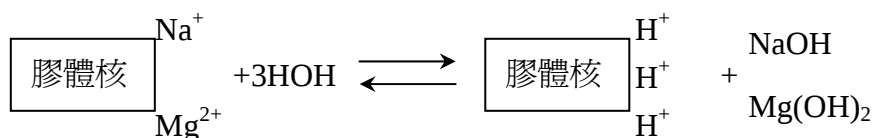
3.(2004/6/25)種植後一週：



七、分析與討論

【泥岩之理化性質】

1. 泥岩的主要組成礦物為高嶺石(kaolinite)、綠泥石(chlorite)等 SiO_4 組成之片狀礦物，以及石英、長石等，其粒度分布為黏土($<4\ \mu\text{m}$)佔 27~31%，粉砂($4\sim60\ \mu\text{m}$)佔 42~49%，及砂粒($60\ \mu\text{m}\sim4\text{mm}$)佔 20~31%（台灣省山地農牧局，1975）
2. 受礦物結構與顆粒大小影響，泥岩顆粒將會具有膠體之特性(Grim, 1968)，即表面帶有負電荷，具有吸引土壤溶液中陽離子的能力，根據實驗三，田寮泥岩所吸引之陽離子主要以 Na^+ 、 Mg^{2+} 為主，其次為 Ca^{2+} 、 K^+ ，形成所謂的鈉、鎂膠體。
3. 由實驗 1 得知泥岩屬於鹼性土，我們推論其成因，認為當泥岩受到雨水的沖刷時，土壤中的鈉鹽與鎂鹽將溶於水中而流失，如此將促使膠體釋出其吸引之 Na^+ 、 Mg^{2+} 於土壤溶液中，並改吸引溶液中之 H^+ 以維持電中性；但如此也使溶液中之 OH^- 濃度大於 H^+ 濃度，並與膠體釋出之 Na^+ 、 Mg^{2+} 結合形成 NaOH 與 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ，其中 NaOH 為強鹼性，因而造成了泥岩土壤具有相當之鹼性，其方程式如下：



【泥岩的形成環境】

1. 泥岩中含有相當多的吸附離子，其中以鈉、鎂為主，本報告中樣品 1 之離子比例 ($\text{K}^+ : \text{Na}^+ : \text{Mg}^{2+} : \text{Ca}^{2+} = 1 : 40.9 : 10.23 : 4.17$) 與海水中鹽類比例 ($1 : 49.5 : 11.5 : 2.5$) 相近，顯示這些吸附離子可能來自於海中，因此我們推測它曾經位於海底。
2. 泥岩的顆粒十分細小，根據課本所提，河流會將泥沙顆粒向下游搬運，而愈細的顆粒會被搬得愈遠，加上泥岩中有相當多的鹽份，因此我們推論這些泥岩應當是被搬運到海底沉積的。
3. 採樣過程中，我們發現泥岩層內夾有黃色薄層砂岩，如右圖，顯示當時水流狀態並不穩定，才會出現這種應在出海口或淺海沉積的砂岩。



【泥岩對植物的影響】

我們發現泥岩區並非寸草不生，有一些植物生長於山腳下，相對的山脊上則幾乎無植生，推論原因有以下幾點：

1. 泥岩所含有的鹽分太高，依美國內政部發表資料指出，鹽度對農作物的生長影響甚大（Water Quality Studies, 1969）容易造成植物生長緩慢，更嚴重者，甚至會使植物無法生長以致死亡。因鹽份與滲透壓有關，乾燥時植物根無法吸收水份、而濕潤時又有鹽類解離之 Na^+ 、 Mg^{2+} 毒害根部，其中 Mg^{2+} 的毒性最強，使植物難以生長。
2. 降雨雖可洗去部份鹽類，使鹽度降低，但卻促使 NaOH 之生成，使土壤鹼性增強，過高的鹼性將毒害植物，因此我們發現泥岩區只有幾種耐鹽、鹼植物可生存，如銀合歡、苦藍盤、冬青菊等
3. 當pH值升高時， Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等離子，容易以氫氧化物或碳酸鹽的型態沉澱（Pourboix, 1974）而使鈉離子以更活躍的活動性聚集在黏土片附近，使滲透壓增加，吸水的能力增加，而產生軟化及易被侵蝕的現象。
4. 除了因含 Na^+ 過多，黏土容易被擴散以致膠結力降低外，泥岩受潮後，內外吸水膨脹速率和膨脹量不等，產生相對位移，造成洋蔥狀剝落，及受潮乾燥後，過壓密土壤因解壓而嚴重的產生龜裂，使得水易進入泥岩內部；而且泥岩吸水後，表

面結糊，孔隙內的空氣被迫向內壓縮，產生張力，更加速崩解及坡面的破壞（Terzaghi- etal，1967）。

5. 由於以上兩點，使泥岩抵抗雨水侵蝕的能力降低，往往一遇降雨便化為泥漿，甚至整個風化層沿坡面滑落，使植物無法於坡面上固定生長，而形成光禿不毛的惡地形。
6. 採樣時我們發現泥岩十分堅硬且顆粒細密。一般而言，土壤顆粒愈粗，所含的孔隙也愈多，土壤容易保有水分且水較容易滲透，而且植物根部容易穿透形成深根，對植物生長較有利。反之，較細的土壤則不易保有水分，植物根系較淺不易生長，也容易遭腐根病菌襲擊，而愈細密的土壤通氣愈差，容易導致根部缺氧，對植物生長相當不利。

【泥岩之植生改良】

1. 根據前面討論，泥岩對植生的不利因素為含有大量鹽分並且具有鹼性；而鹼性來自於它所吸附之陽離子，因此若只是泡水洗去鹽分，必然造成pH值上升，植物依舊難以成長，故本報告採用石膏溶液加以浸泡，藉石膏之 Ca^{2+} 交換出泥岩所吸附之 Na^+ 、 Mg^{2+} ，並可洗去多餘之鹽分，一舉兩得。
2. 於純泥岩中生長的蕃茄枝葉枯黃，持續落葉，約於一個多月後枯死，顯示其受到鹽鹼之傷害，而石膏改良者可持續存活，代表其鹽分與鹼性均已降低。
3. 石膏改良者生長較為緩慢，且根系發育受阻，顯示鹽鹼性雖已降低，但泥岩的細密顆粒仍對其生長有相當大之影響，故除了化學性質之改良外，尚須兼顧物理性質的改進。
4. 添加有機質者生長情況最佳，因有機質可增加土壤孔隙，使根系易於伸展，且其分解後成為土壤養分，有益植物之成長與發育。但是它的根部發育、成長速度、果實數量、果實大小等仍然比不上一般土壤，顯示泥岩還是沒辦法改良到與一般土壤相同的狀態。

八、結論

1. 我們知道泥岩的形成環境位於淺海至深海間，由陸地上被沖刷下來的細小土砂，被搬運到海中沉積，期間偶有水流或海流的變動，帶來粉砂或砂質的沉積物。
2. 泥岩因其顆粒結構帶電，具有吸附陽離子的能力，因其在海底沉積，故吸附了大量海水中的陽離子，其中以 Na^+ 、 Mg^{2+} 為主，因此使得泥岩有相當高的含鹽量

- 。
3. 當降雨洗去泥岩中所含鹽分時，也會溶出泥岩所吸附的離子，但如此便破壞了泥岩的電中性，促使泥岩吸附水中的 H^+ 以維持電性平衡，但卻也因此破壞了土壤中的酸鹼平衡，使泥岩轉化為鹼性土壤。
 4. 泥岩對植生不利之化學因素為含鹽量高、鹼性強，物理因素則為顆粒細、孔隙小，鹽分與鹼性均對植物有毒害，而土質緊實則對根部發育產生阻礙，故泥岩區少有植物生長。
 5. 本報告採用石膏溶液改良泥岩，已獲得初步之成功，應可使植物在泥岩地區順利存活，達到水土保持之功效；若要種植具經濟價值之植物，則可能必須配合有機質與肥料之添加，以改良其理化性質並增加土壤肥力，方可有效增加產量。
 6. 由以上種種資料和結論，可以得到當初所發現的問題“泥岩地形為何不利於植物生長？”其實跟所含鹽度、酸鹼度、粒徑大小皆有密切關係。鹽度過高，在旱季易使植物產生缺水現象；pH值過高，則在大雨過後，易造成坡面滑動；而粒徑大小更影響水的滲透力，顆粒較小，則不易保留水分，不利於水土保持，而使惡地地形不利於植物生長。

九、建議事項與未來展望

在此我們提出一些建議，以改善惡地泥岩地形難以生長植被之特性：

1. 對於現場大面積之泥岩地區，無法像在實驗室中進行改良，可用能游離出 Ca^{2+} ， Mg^{2+} 之酸性材料來改變泥岩的PH值。如石膏、黃鐵礦等加以鋪蓋，並給予充分時間養治。
2. 被交換出來的鈉離子將流失向下滲透，因此需先找出開始聚集或已聚集之深度，加以排水設施，將之排除。
3. 澆水量過多將會使泥岩軟化密結，因此建議使用滴灌系統，採少量多次澆水，並適時耕犁，以保持土壤中的孔隙。
4. 如欲種植經濟作物，應添加有機質及肥料，方可增加產量，然而本報告的第4組產量仍不及一般土壤，其可能原因為某些微量元素缺少或過多，但礙於儀器及經費，我們只分析了 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 四種元素，無法做進一步的討論。
5. 本報告只針對田寮地區泥岩，以番茄進行研究，至於其他植物之反應，以及是否適用於其他泥岩地區，礙於時間關係並未進行實驗，待日後有充裕時間與經費時再作更全面之探討。

十、參考文獻

1. 歷屆科展優良作品
2. 顏富士,蔡鎰輝 “台灣西南部泥岩坡地所含泥岩之物化性質” 行政院國家科學委員會, 防災科技研究報告 74-09 號
3. 周昌弘 “植物生態學” 大學科學叢書 (11) 民國 79 年, 聯經出版社
4. 劉裕聰 “台灣西南部地區泥岩崩解特性與物化關係之研究” 成功大學礦冶及材料科學研究所碩士論文, 民國 74 年
5. 陳時祖 “台灣西南部地區泥岩坡地沖蝕特性之研究” 成功大學礦業石油系國科會專題研究報告 (NSC-75-0414-P006-05)
6. 李德河 “風化泥岩之動力行為報告” 成功大學土木系國科會防災科技研究報告
7. 顏富士 “台灣西南部泥岩的崩解行為與其顯微構造關係” 成功大學礦冶學系行政院國家科學委員會防災科技研究報告 75-30 號
8. 金永斌、李林少華 “台灣西南部泥岩坡地表面防治穩定處理 (三)” 成功大學土木工程研究所, 行政院國家科學委員會, 防災科技研究報告 75-22 號
9. 李元富 “南化泥岩坡地沖蝕特性之研究” 成功大學礦冶材料科學研究所碩士論文
10. 顏富士, 陳家駿 “台灣西南部泥岩坡地地貌與風化侵蝕之關係” 成功大學礦業及石油工程學系, 行政院國家科學委員會防災科技研究報告 78-25 號。
11. 游啓亨 “土壤力學實驗法” 民國 70 年, 大行出版社
12. Pritchett, W. L., 著, 金恆鏞譯 “森林土壤的性質與程序” 民國 80 年, 國立編譯館
13. Water Quality Studies 1969 ‘U.S. Dept. of the Interior’, Federal Water Pollution Control Administration, Training Program, U.S.A.
14. Pourboix, M., 1974 ‘Atlas of Electrochemical Equilibrium in Aqueous Solutions’ National Association of Engineers, Waston Texas, U.S.A.
15. Terzaghi, K. and Peck, R.B., 1967, ‘Soil Mechanics in Engineering Practice’, 2nd ed. John Wiley & Sons.
16. Grim R.E., 1968, ‘Clay Mineralogy, 2nd ed. McGrawhill, New York.

附錄

(註一) 自動溫度補償校正法

1. 按 POWER 鍵, 打開儀器電源。
2. 將電極用蒸餾水沖洗乾淨, 再用濾紙拭乾, 然後放入標準液 PH7.0 內。

3. 待顯示幕顯示之 pH 值不再變動。
4. 依據標準液之溫度，查附表之 pH 值，調整校正鈕至顯示正確值。
5. 將電極拿起，用蒸餾水沖洗乾淨後用濾紙拭乾，並再將電極放入標準液 pH4.0 或其他已知之標準液中。
6. 依據標準液之溫度，查附表之 pH 值，調整校正鈕至顯示正確值。
7. 必要時可重覆第 2—6 步驟，至校正值都正確為止。

（註二）作物對交換性鈉之相對忍耐力

敏感的	中等忍耐的	能忍耐的
酪梨 (Avocado)	苜蓿	甜菜
豆類	大麥	百慕達草 (Bermuda grass)
山藜豆 (Chickpeas)	三葉草	爬拉草 (Para grass)
柑橘	棉花	水稻
棉花	粟	羅得斯草 (Rhodes grass)
黎豆	燕麥	菠菜
玉米	紅藍 (Sulfflower)	番茄
落葉樹木	甘蔗	Tall wheat grass
堅果類	小麥	

※萌芽時皆為敏感的

（註三）鹽類對作物生長可能之影響

飽和萃取液電導度 (mmhos/cm25°C)	總鹽類含量 (%)	作物反應	分類
<2	<0.1	鹽漬度影響多是可忽視	非鹽性土
2-4	0.1~0.15	甚敏感作物產量可能受限制	微鹽性土
4-8	0.15~0.35	甚多作物產量受限制	中鹽性土
8-16	0.35~0.70	僅耐鹽作物適合生長	甚鹽性土
>16	>0.70	僅少數甚耐鹽作物尚可生長	極端鹽性土

（註四）降低土壤 pH 至 6.5 所需的硫磺量

土壤 pH 值	撒施硫磺 (磅/英畝)	
	砂 土	黏 土
7.5	500	900
8.0	1250	1750
8.5	1750	1950
9.0	2500	(未推薦)

評 語

030507 國中組地球科學科 最佳(鄉土)教材獎

「讓滄海變桑田」--泥岩的植生改良

本作品探討田寮地區之泥岩因含較高之鹽份對植物之生長不利，作者利用化學分析方法測定 K、Na、Mg、Ca 之含量，發現 Na、Mg 含量偏高不利植物之生長，有關土壤改良方面在大面積之區域進行時所須經費甚高，宜尋找特種植物能在高鹽環境下生長，進而保護地形面，本作品能利用鄉土題材進行研討故頒給最佳鄉土獎。