

# 中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 地球科學科

第三名

080511

戀戀鄉「土」～窺見土角厝的奧秘

學校名稱：高雄市大樹區九曲國民小學

作者： 小五 黃郁晴 小四 黃柏銓 小五 謝喬榆 小五 吳承樺	指導老師： 曾雅慧 莊智揚
---	---------------------

關鍵詞：Q 土、土角、強度

# 戀戀鄉「土」~窺見土角厝的奧秘

## 摘要

土角厝是古老的傳統建築，由於時代的進步逐漸消失在我們四周。我們進行土角的研究並探討傳統建材與現代建材的優缺點。得到以下的結論：

- 一、適合製作土角的土是粒徑小、具有黏性與強度的Q土。
- 二、練土時間不能太短，Q土才能均勻混合達到最大強度。
- 三、加入土角的水量過多與過少都會影響土角強度；加入適當的濕稻梗可增加土角強度且土角不易受壓崩解。
- 四、土角應置於溫度較低的環境下陰乾，其強度較好。
- 五、相同高度下土角越厚其強度也越大。
- 六、與現代建材混凝土相比，土角的優點是隔熱佳、遇壓力不易崩解碎裂，廢棄的土角可回歸自然而不破壞環境；混凝土強度極強適合蓋高樓，但隔熱效果差。混凝土是鹼性物質，如果任意棄置會造成環境汙染。

## 壹、研究動機

學校的鄉土課程介紹了大樹區著名的景點「三和瓦窯」，我們對位於學校附近的「三和瓦窯」產生了好奇，透過幾次的參觀，我們認識了瓦廠主要的產品「磚」、「瓦」與「土角」的製程。我們對於磚瓦窯這個行業的興盛沒落與古老建築物產生了極大的興趣，因此，開啟了我們對這個科學實驗的探討。

作品與教學相關單元

五上	南一	流水與大地
六下	翰林	生物、環境與自然資源
六下	康軒	生活中的機械

## 貳、研究目的

### 一、研究高屏溪與磚瓦窯產業的相關

- (一)、探討高雄市大樹區磚瓦窯的地理位置
- (二)、探討高雄市大樹區磚瓦窯產業聚落與高屏溪的關係
- (三)、探討高雄市大樹區三和瓦窯的特色

## 二、研究製作土角土質的特性

- (一)、調查大樹區高屏河流域沉積土質的分布與特性
- (二)、探討砂質黃土、Q土、沙土的顏色、顆粒大小等外觀特性
- (三)、探究砂質黃土、Q土、沙土的粒徑大小
- (四)、探討砂質黃土、Q土、沙土的滲水性
- (五)、探討砂質黃土、Q土、沙土的黏性
- (六)、探討砂質黃土、Q土、沙土何者適合製作土角

## 三、研究影響土角強度的因素

- (一)、探討練土時間的長短對土角強度的影響
- (二)、探討不同水量對土角強度的影響
- (三)、探討不同重量的添加物對土角強度的影響
- (四)、探討不同長度的添加物對土角強度的影響
- (五)、探討不同溫度對土角強度的影響
- (六)、探討不同的土角厚度對土角強度的影響

## 四、研究傳統與現代建築材料之異同

- (一)、探討土角厝沒落的原因
- (二)、土角與混凝土外觀、重量之比較
- (三)、土角與混凝土強度之比較
- (四)、土角與混凝土隔熱效果之比較
- (五)、探討土角與混凝土建材對環境的影響

## 參、研究器材

- 一、材料類：砂質黃土、黏土、沙土、稻草、稻殼、校園砂質黃土、酸鹼指示劑、混凝土、透明寶特瓶、瓦楞紙、鐵絲、透明膠帶



電子秤



攪拌機



電暖器



強度機



5cm×5cm×5cm 模具



20 cm×20 cm×5cm  
模具



5cm×5cm×5cm  
混凝土試體

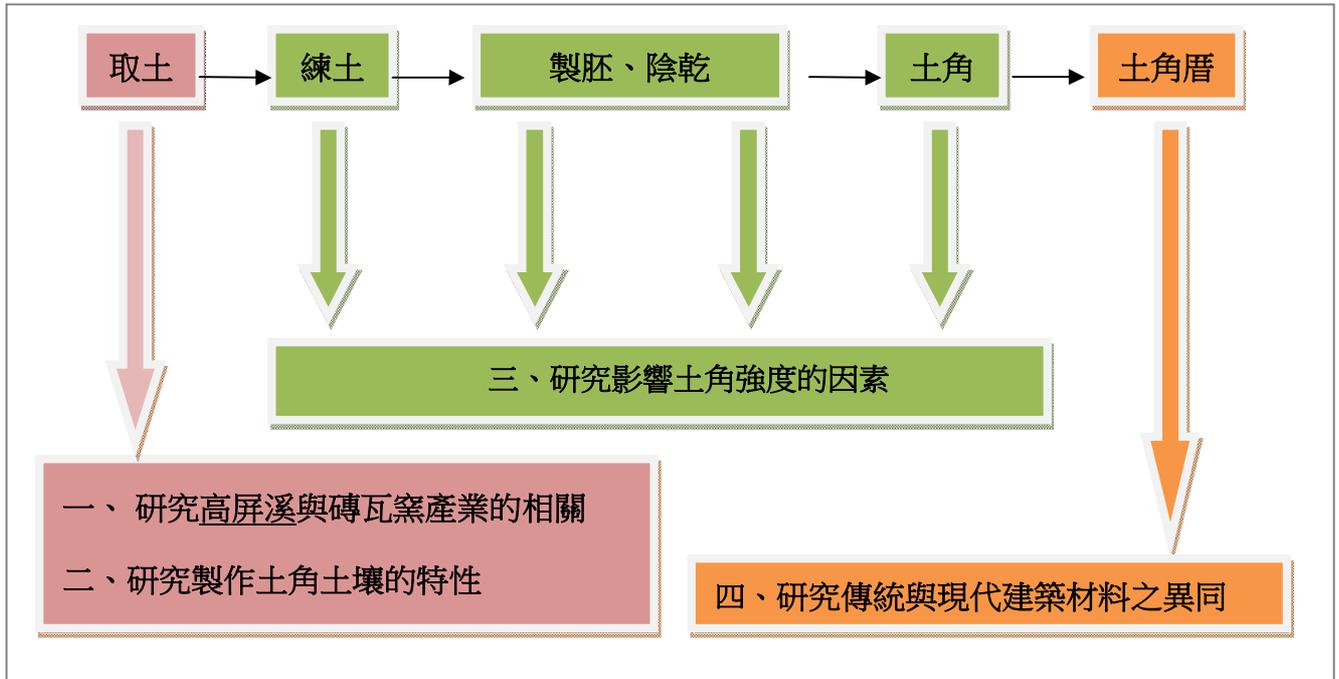


20cm×20cm×5cm  
混凝土試體

- 二、工具類：烘箱、相機、彈簧秤、量杯、裝水杯、篩網、鏟子、溫度計、支撐架、鐵盤、筆、記事本

## 肆、研究過程、結果與討論

說明：根據文獻資料，製作土角厝有五個流程，分別是取土、練土、製胚陰乾、成品(土角)、土角厝，我們根據製作土角的流程，對每個步驟進行探究，以下就是我們的研究流程圖。



### 一、研究高屏溪與磚瓦窯產業的相關

方法：我們利用文獻探討了解台灣磚瓦窯了地理位置與歷史，同時我們也訪問高雄市三和瓦窯協會理事長林先生、陳先生與三和瓦窯的李老闆，來更進一步了解三和瓦窯的歷史與特色，並且拜訪社區中的土角厝了解它的特色。

我們設計的訪問稿一 (三和瓦窯協會林先生、陳先生)

1. 大樹區為何有這麼多磚瓦窯廠？磚瓦窯廠位在何處？
2. 為何三和瓦窯又稱為大樹之寶?特色是什麼？
3. 三和瓦窯位於高屏溪旁，其落腳處是否與高屏溪有關嗎？
4. 三和瓦窯出產的產品是什麼?用途有哪些？

我們設計的訪問稿二 (三和瓦窯李老闆)

1. 您從事瓦窯業多久的時間？
2. 為什麼以前的人要用土角蓋房子？
3. 製作土角的材料有哪些？材料從何處取來？
4. 如何分辨出黏土？黏土的特性是什麼？
5. 如何製作土角？
6. 如何蓋出土角厝？

7. 工廠還有生產土角嗎?做什麼用途?
8. 為什麼現代人不再蓋土角厝?
9. 土角厝的優點與缺點?



拜訪三和瓦窯



林爸爸解說



與李老闆訪談



社區的土角厝



拜訪社區的土角厝



土角厝的材料—土角

訪談結果整理如下：

### (一)、高雄市大樹區瓦窯地理位置之探討

南部的瓦窯大多分佈在台南市六甲區、高雄市旗山區及大樹區的大樹、竹寮兩里。大樹區在巔峰時期曾達二十多座瓦窯，多分佈在竹子寮這個地區(今大樹區竹寮里)。

### (二)、探討磚瓦窯產業聚落與高屏溪的關係

製磚、瓦、土角的過程除了要有良好的土質(俗稱Q土或黏土)之外，製磚、瓦的過程也需要水，竹子寮(竹寮里)因為靠近高屏溪，取水方便，在中寮的地區又有土質細緻的Q土(黏土)，因此造就了竹子寮在興盛時有二十多家的磚瓦窯。

### (三)、認識三合瓦窯的特色

三和瓦窯坐落於高雄市大樹區，為台灣少數還在生產的傳統瓦窯工廠之一，至今有近百年的歷史，已被列為歷史建築。三和瓦窯至今仍舊秉持最傳統的窯燒方式來燒製，製作過程極為繁雜瑣碎，除了磚、瓦、土角磚之外，也製作古老的建築材料—**土角**，提供台灣許多古蹟、古厝等建築的修繕及建造。

根據李老闆口述製作土角的過程為



製作土角的土須要有黏性的土，早期農家人常以水田的土來做為製作土角的材料(取土)。製作土角的方法是黏土加稻梗混在一起攪拌，再以牛與人力踐踏踩出黏性(練土)，完成之後，利用方型的模子將其定型(製胚)，成型後，將其堆疊起來陰乾。最後再以泥漿將做好的土角一塊一塊砌成土角厝。

現今三和瓦窯製作土角的方法則是利用機器來代替牛與人力練土的過程，再用機器切割成一塊塊的土角，放置室內陰乾。

大樹區有得天獨厚的Q土，可做為磚、瓦及土角的材料。

## 二、研究製作土角土質的特性

### (一)、探討大樹區高屏河流域沉積土質的分布與特性

**說明：**從李老闆與瓦窯志工林爸爸訪談中，我們知道大樹區因為有特別的土，因此瓦窯業特別興盛，但為何要使用Q土來製作土角呢？我們從家鄉的土出發，一步步揭開土角曆的秘密！

**方法：**利用文獻探討及透過拜訪瓦窯協會人員了解大樹區高屏河流域沉積土質的分布與特性，最後透過田野調查，取回大樹區竹寮里不同的土質－砂質黃土、Q土、沙土樣本，進行實驗分析。

**採樣處：**砂質黃土(頂寮－鳳梨田)、Q土(中寮－變電所旁)、沙土(高屏溪河岸)



田野調查



鳳梨田(山頂)



瓦窯場旁 (山腳)



山腳Q土



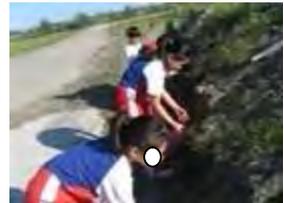
高屏溪河岸



取砂質黃土  
(丘陵地-鳳梨田旁)



取Q土  
(大樹區變電所旁)



取沙土  
(高屏溪河岸)

**結果：**1.根據我們的訪談與文獻資料，以及田野考察結果，我們發現大樹區的土質分佈受到丘陵地形與高屏溪河岸沖刷與沉積的影響，使得竹寮里(舊稱竹仔寮)形成三種土壤分佈，分別是山頂的砂質黃土(頂寮)、山腳下當地人稱為Q土的黏土(中寮)、以及高屏溪沿岸的沙土(溪埔地)。

2.我們也發現大樹地區由於有不同土質的分佈，因此也發展出各種適應土壤土質特性的產業。



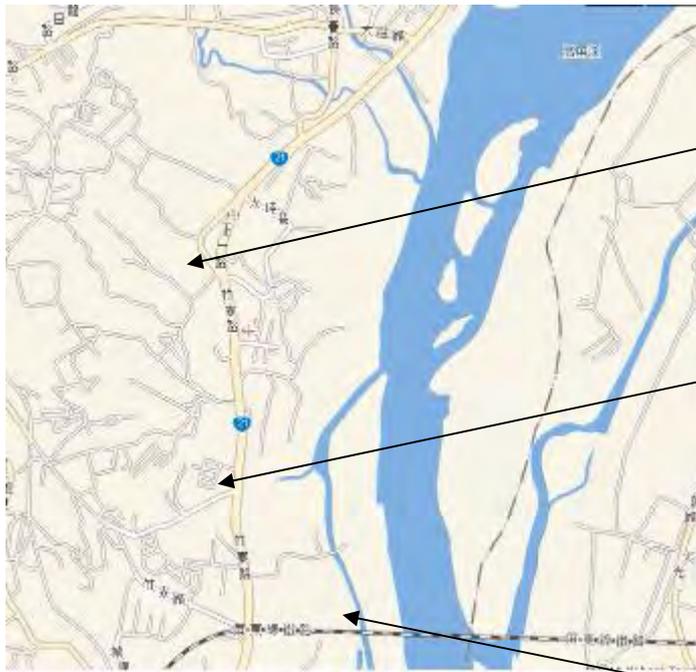
山頂 砂質黃(紅)土  
鳳梨田



山腳下 Q土  
磚、瓦業



高屏溪 砂土  
砂石場



高雄市大樹區竹寮里土質分布圖



## (二)、探討砂質黃土、Q土、沙土的外觀特性

說明：我們發現大樹地區有不同的土質分布，發展出的產業應用也不同，為什麼會有這樣的結果呢？與土壤的特性有關嗎？我們繼續探究三種土壤的特性有什麼不同？

方法：利用放大鏡觀察砂質黃土、Q土、沙土的顏色外觀，用手搓一搓砂質黃土、Q土、沙土感受其顆粒大小有何不同？



### 結果： 不同土質外觀比較

觀察項目	砂質黃土	Q土	沙土
外觀照片			
外觀	雜質較多，有一些小土塊，顏色呈黃棕色	多為大土塊狀但一敲就碎，顏色呈黃灰色	顆粒細緻，幾乎沒有雜質，顏色為灰色
顆粒大小 (手的觸感)	用手搓揉，顆粒細滑，偶爾會摸到細小顆粒	用手搓揉後，摸起來如麵粉般光滑	用手搓揉後，有細小的顆粒感

## (三)、探討砂質黃土、Q土、沙土的粒徑大小

### (1)利用分析篩分析砂質黃土、Q土、沙土的粒徑大小

說明：我們進一步透過實驗—利用分析篩來分析三種土壤的粒徑大小。

方法：將三種土中的小土塊用手充分捏碎，放入烘箱中將土烘乾，各取300公克放入分析篩中（網目大小分別為1.197、0.509、0.297、0.149、0.074）單位mm，使用電動搖篩機搖晃樣本30秒，再取出分別秤每一篩網上的沙土重量，並計算重量百分比。



將三種土放入烘箱烘乾  
去除水分



各取土300克,倒  
入分析篩中



搖晃30秒後取  
出

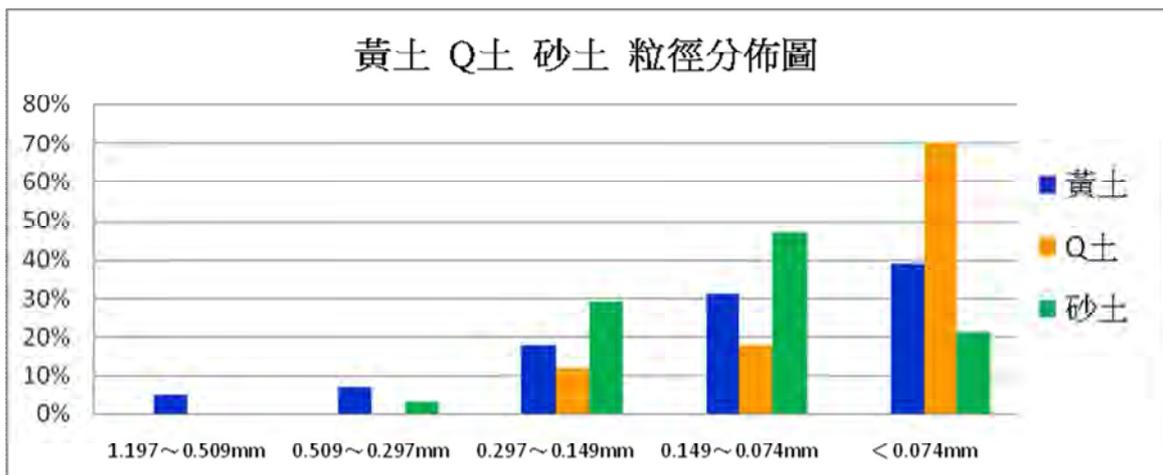


將每一層的土壤秤重並  
記錄

結果：

砂質黃土、Q土、沙土其各種粒徑重量百分比分佈表

網目大小 單位mm	大於 1.197mm	1.197~ 0.509mm	0.509~ 0.297mm	0.297~ 0.149mm	0.149~ 0.074mm	小於 0.074mm
砂質黃土	0%	5%	7%	18%	31%	39%
Q土	0%	0%	0%	12%	18%	70%
砂土	0%	0%	3%	29%	47%	21%



討論：

- 1.Q土的粒徑大小有70%小於0.074mm；砂質黃土粒徑小於0.074mm有39%；砂土粒徑小於0.074mm有21%。顯示Q土是三者中粒徑最小的土，與我們的觸感實驗結果相同。
- 2.砂質黃土的粒徑大小分佈最廣，從1.197mm直到小於0.074mm，與我們發現砂質黃土摻雜極細小的石頭相符，因此會有大顆粒的分佈情形。砂質黃土粒徑小於0.074mm的比例為第二

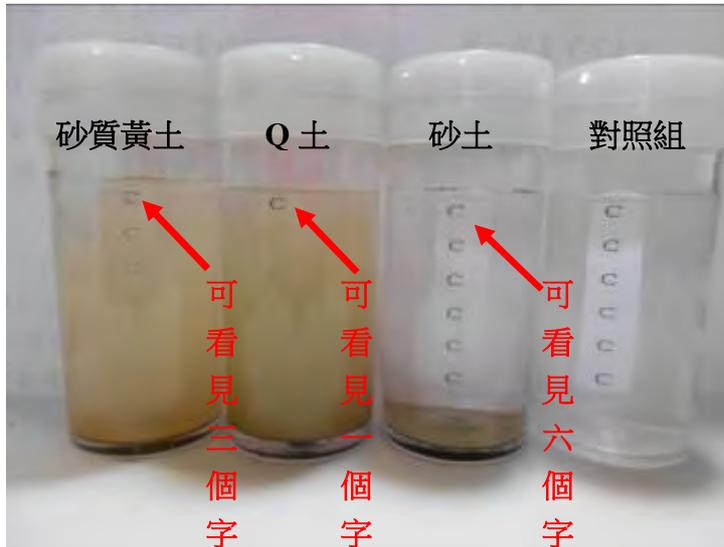
高，大部分粒徑集中0.149mm~0.074mm之間

3.砂土的粒徑大小集中在0.297mm~0.074mm之間，小於0.074mm只有21%是三者中最少。

(2)利用沉澱法分析砂質黃土、Q土、沙土小於0.074mm的粒徑大小

方法：取(<0.074mm粒徑)砂質黃土、Q土、砂土 各10克，放入自製濁度計中，加入15cc的純水，搖晃10下使土壤均勻分佈在水中，靜置，每格一段時間觀察上層水溶液的濁度變化，紀錄可看見的字數。

結果：



時間 \ 顯現字數	0分鐘	1小時	2小時	3小時	4小時	5小時	6小時	7小時	8小時	24小時	48小時
砂質黃土	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	6
Q土	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
砂土	0	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6

討論：砂土在2小時後可以看見全部的字，上層水溶液最清澈，懸浮微粒最少，表示砂土的粒徑最大、最重，沉澱速度最快，48小時後砂質黃土能看見6個字，Q土只能看見3個字，表示Q土水溶液最混濁，懸浮微粒最多，因此由實驗結果可推論Q土粒徑最小、最輕，三種土壤粒徑大小為砂土>砂質黃土>Q土。

(四)、探究砂質黃土、Q土、沙土的滲水性

方法：1.將三支塑膠量筒底部挖洞並以濾紙封住洞口，做為滲水器。砂質黃土、Q土、沙土先曬乾去除水分再用0.149mm篩網過篩使三組粒徑大小相當，分別在滲水器中裝入等高的土，下方放置接水杯，同時加入50cc的水，再將滲水器上方用膠帶封住避免水分蒸發，觀察砂質黃土、Q土、沙土滲水速度、及土壤吸水情形，並紀錄各組流出的水量。



樣本烘乾



塑膠量桶底部挖空



黏上濾紙



0.149mm篩網過篩



裝入等高的土



同時倒入50cc的水



砂土滲水最快



Q土滲水最慢

結果：

砂質黃土、Q土、沙土滲水速度

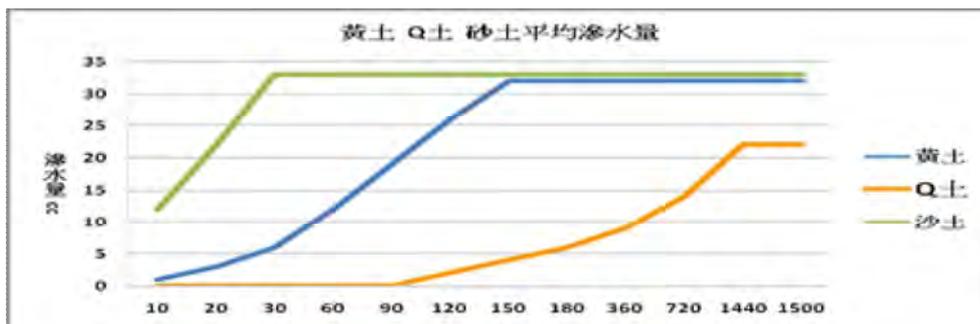
時間(分) 滲水量(ml)	砂質黃土	Q土	沙土
滲出第一滴水所需時間	12分鐘	88分鐘	2分鐘
滲水速度	中	慢	快

不同土質平均累計滲水量(三次實驗的平均值)

時間(分) 滲水量(ml)	10	20	30	60	120	240	360	480	600	720	1440	飽和含水量
砂質黃土	2	4	6	12	20	28	32	32	32	32	32	18
Q土	0	0	0	0	0	3	4	5	8	14	22	28
沙土	12	22	33	33	33	33	33	33	33	33	33	17

紅色字表示最終滲水量

不同土質平均滲水量比較圖

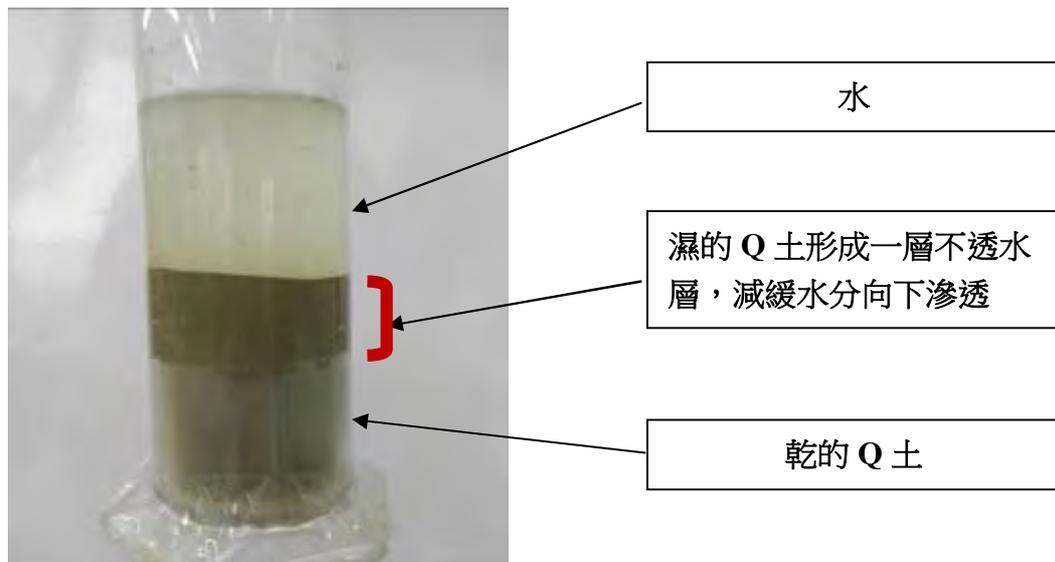


討論：1.砂土的滲水很快、排水佳，土壤的飽和含水量是三者中最低的，因此不適合用於種植作物；砂質黃土滲水性快，排水佳，大樹區的農民將它拿來種植需排水性高的鳳梨等作物；Q土滲水最緩慢，排水差，飽和含水量也是三者中最高的，不適合用來種植耐旱作物。



滲水速度砂土 > 砂質黃土 > Q土

2.我們觀察到水加入Q土中，上層濕的Q土會形成一層不透水層，這一層不透水層密合度極高，會阻擋水分往下滲透，如下圖，因此水在濕的Q土層中滲水速度很慢。為何形成不透水層，後續探討。



### 探究二：粒徑大小與滲水速度是否有關？

方法：取Q土粒徑 > 0.297mm、0.297mm~0.149mm、< 0.149mm 粒徑大、中、小各50克，裝入滲水器中同時加入50cc的水，觀察滲水情形。再換成砂土、砂質黃土以同樣步驟實驗三次。



大粒徑Q土 > 0.297mm



中粒徑Q土  
0.297mm~0.149mm



小粒徑Q土  
< 0.149mm



不同粒徑砂質黃土滲水情形



不同粒徑Q土滲水情形



不同粒徑砂土滲水情形

結果： 不同粒徑大小平均累計滲水量砂質黃土 (三次實驗平均)

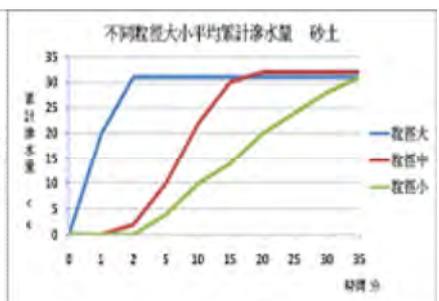
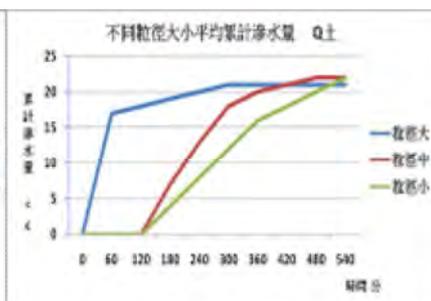
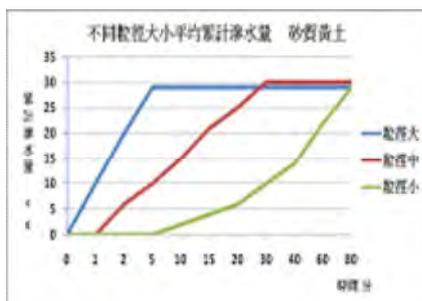
時間(分) \ 滲水量(ml)	0	1	2	5	10	15	20	30	40	60	80
粒徑大	0	10	20	29	29	29	29	29	29	29	29
粒徑中	0	0	6	10	15	21	25	30	30	30	30
粒徑小	0	0	0	0	2	4	6	10	14	22	29

不同粒徑大小平均累計滲水量Q土 (三次實驗平均)

時間(分) \ 滲水量(ml)	0	30	60	120	180	240	300	360	420	480	540
粒徑大	0	16	17	18	19	20	21	21	21	21	21
粒徑中	0	0	0	0	7	13	18	20	21	22	22
粒徑小	0	0	0	0	4	8	12	16	18	20	22

不同粒徑大小平均累計滲水量砂土 (三次實驗平均)

時間(分) \ 滲水量(ml)	0	1	2	5	10	15	20	25	30	35
粒徑大	0	20	31	31	31	31	31	31	31	31
粒徑中	0	0	2	10	22	30	32	32	32	32
粒徑小	0	0	0	4	10	14	20	24	28	31



- 討論：1.根據三種土不同粒徑大小的實驗，都得到相同的結果，即一**粒徑大小會影響滲水速度**，**粒徑越大滲水速度越快**，**粒徑越小滲水速度越慢**。
- 2.從砂質黃土、Q土、砂土的粒徑比較中，我們推論Q土滲水最慢的原因，與Q土的粒徑最小有關，砂土的滲水最快與砂土的粒徑最大有關。
- 2.我們特別觀察到粒徑大的Q土塊與水結合時，大土塊會逐漸變為細密的一層如下圖：



而且在清理瓶中的土壤時,我們發現濕的Q土很容易黏在棒子上,而砂土與砂質黃土較少。我們對這種現象很好奇,是不是**Q土加水會使Q土產生黏性**,而使得**Q土之間密合度變高**?我們繼續探究三種土的黏性有何不同?

#### (五)、探究砂質黃土、Q土、沙土的黏性

說明:根據滲水性實驗發現 Q 土與水接觸後密合度較高,形成不透水層,我們**假設濕的 Q 土具有較高的黏性所以密合度變高**。我們從黏性來探究三種土的特性有何不同?

方法：砂質黃土、Q土、砂土以0.149mm篩網過篩使三組粒徑大小相當，各取200克分別加入0cc(對照組)、50cc、60cc、70cc、80cc、90cc、100cc的水後，靜待水完全滲入土中後，取塑膠棒插入土中，沒入高度皆為5cm，上端綁住細繩掛在定滑輪上，線的另一端掛上100克的砝碼，固定拉力，將塑膠棒拉起後放入烘箱烘乾，測量塑膠棒能吸附的土壤重。



黏性實驗裝置



固定向下拉力100公克



塑膠棒插入土中5公分後拉起



三種土黏性比較



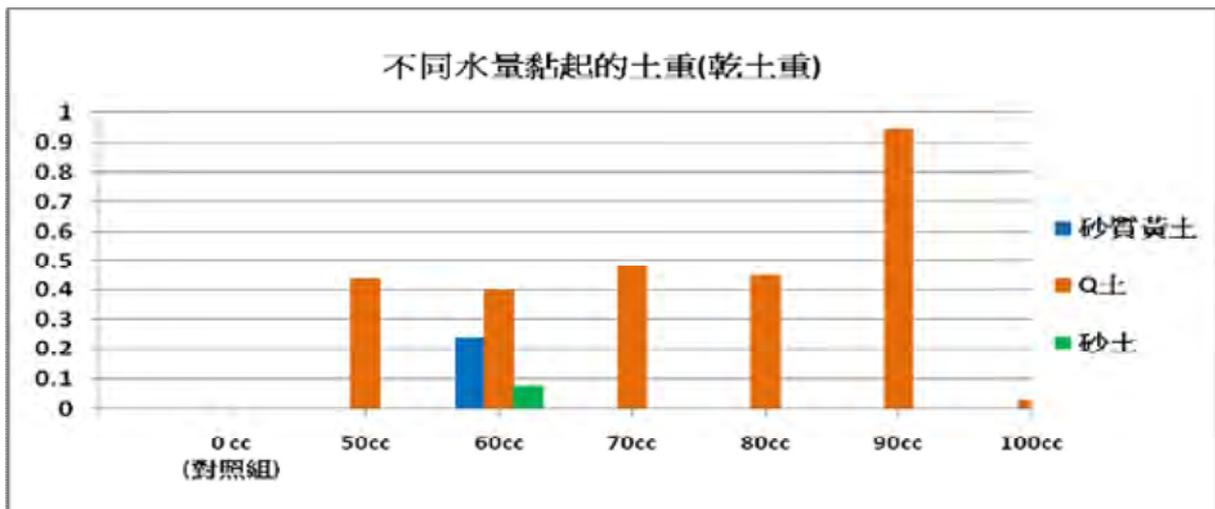
烘乾後將塑膠棒上的土取下



秤重

結果： 砂質黃土、Q土、砂土 黏性實驗結果 單位：公克

加入水量 cc \ 黏起的土量(乾土重)	砂質黃土	Q土	砂土
0 cc(對照組)	0	0	0
50cc	0	0.438	0
60cc	0.24	0.400	0.077
70cc	0 (超過飽和水量)	0.483	0 (超過飽和水量)
80cc	0	0.452	0
90cc	0	0.945	0
100cc	0	0.032	0



- 討論:1.在對照組中三種樣本黏起土重為0克，因此未加水的土不具任何黏性。  
 2.三種土中Q土所黏起的土量最重，因此濕Q土黏性最大。  
 3.我們發現三種樣本在達到飽和水量前土的黏性是最大的，只要到達飽和水量後,黏性就

會下降。

4.根據實驗結果我們推論—Q土粒徑最小，而且加水後具有黏性，因此顆粒間縫隙小，密合度高，所以滲水速度最慢。

#### (六)、探討砂質黃土、Q土、沙土何者適合製作土角

說明：濕的Q土的黏性是三種土中最好，Q土製作的土角強度是否最大呢？我們繼續探究最適合製作土角的土是什麼？

方法：分別將500克的砂質黃土、Q土、沙土過篩(篩目為0.149mm)，加水125cc，利用攪拌機攪拌3分鐘。模型上油以方便脫模，分三次將土裝入模型中，每次裝模時請同一個人以塑膠尺按壓模型邊，每邊20次，中間20次，使土能緊實密合。將各土角脫模，放置室內完全陰乾，再以強度儀器測量其強度大小。



取土500克  
加水125cc



攪拌機攪拌3分鐘



壓克力棒將土壓緊  
(每邊壓20下)



最後用木槌敲十下



製好的土角(砂質黃土)



製好的土角(Q土)



製好的土角(沙土)



測強度工具



放入待測物



將土角放入測量區



啟動



砂質黃土土角



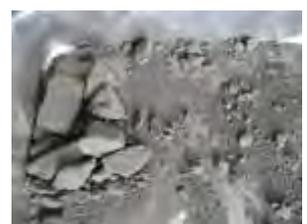
Q土土角



砂質黃土土角 實驗後  
後碎裂分解



Q土土角 實驗後  
裂縫但保有形狀



砂土土角 實驗後  
碎裂分解出現細砂

結果

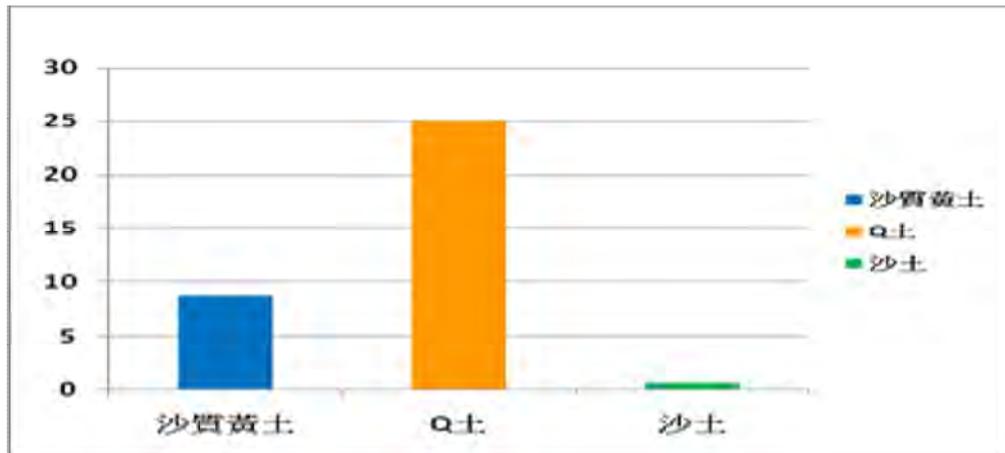
砂質黃土、Q土、沙土土角強度比較表

強度單位(kg/cm<sup>2</sup>)

實驗次數 土角強度	一	二	三	平均
砂質黃土	8.7	8.9	8.8	8.8
Q土	24.2	24.9	25.9	25.0
沙土	0.6	0.7	0.6	0.6

砂質黃土、Q土、沙土土角強度比較表

強度單位(kg/cm<sup>2</sup>)



討論：

- 1、強度大小為 Q土>砂質黃土>沙土，沙土土角一碰就破碎，強度極小平均強度只有0.6kg/cm<sup>2</sup>，砂質黃土略高平均強度有8.8kg/cm<sup>2</sup>，Q土強度最高，平均強度為25.0kg/cm<sup>2</sup>。
- 2、進行強度實驗後，我們發現砂質黃土與沙土做的土塊會完全碎裂分解成小碎塊，尤其是沙土土塊還出現細砂，而Q土做的土塊除了出現裂縫外及碎成大土塊外，還保有形狀。我們推論濕Q土粒徑小、加水後具有黏性，顆粒間縫隙小，密合度高因此強度較強。根據實驗結果適合做土角厝的材料應為具黏性、強度較強且遇壓力不易破碎的Q土。

#### 四、研究影響土角強度的因素

說明：我們從砂質黃土、Q土、沙土的實驗結果，了解了 Q土的黏性大、粒徑小、強度大，因此是最適合作為土角的材料。傳統農家也使用這種有黏性的土來製作土角，但除了使用這種土外，他們也會在土角中添加一些東西，我們很好奇影響土角強度的因素有哪些？我們繼續對土角做進一步的研究。

##### (一)、探討練土時間的長短對土角強度的影響

- 方法：1.先將Q土土塊敲碎，用篩網濾掉雜質，各取Q土500克，加水125cc。利用攪拌機控制每次練土時間，各為1 分鐘、2分鐘、3分鐘、4分鐘、5分鐘
- 2.模型上油以方便脫模，分三次將Q土裝入模型中，每次裝模時請同一個人以塑膠尺按壓模型邊，每邊20次，中間20次，使Q土能緊實密合。

3.待土角略乾時脫模，放置陰涼處。兩星期後用電子秤量重量，直到土角重量不再產生變化為止(表示水分已完全蒸發)，測量土角強度，並觀察外觀變化。



土塊敲碎、過篩



取Q土500克



加水



控制攪拌時間



計時



取出練好的土



練好的土



每邊壓20下



最後以木槌各敲10下



脫模



成品



秤土角重量

結果：

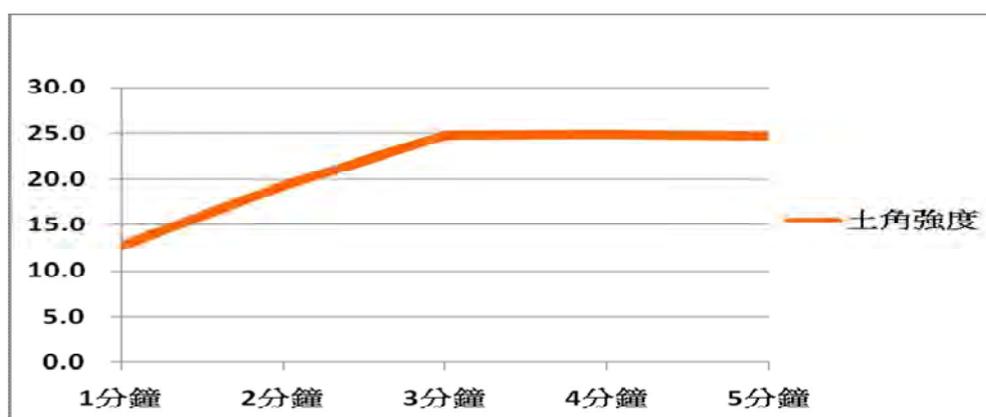
練土時間對土角強度的變化

強度單位(kg/cm<sup>2</sup>)

次數 練土時間	一	二	三	平均強度
1分鐘	9.5	14.7	13.7	12.6
2分鐘	18.8	19.1	20.0	19.3
3分鐘	24.8	24.3	25.1	24.7
4分鐘	24.8	25.7	24.1	24.9
5分鐘	24.4	25.3	24.2	24.6

練土時間對土角強度變化圖

強度單位(kg/cm<sup>2</sup>)



討論：1.攪拌時間越短(練土時間短)，土角的強度越低，因此從前農家利用牛或人力踩踏黏土的練土步驟，目的是要使黏土材料和水能均勻混合，可使土角增加強度。  
2.攪拌(練土時間)3分鐘後，其強度的變化就不大了，因此本實驗中，500克Q土加125cc的水，攪拌3分鐘就可充分混合了。

## (二)、探討不同水量對土角強度的影響

方法：先將Q土土塊敲碎，用篩網濾掉雜質。取Q土500克重，分別加水100cc、125cc、150cc，並利用攪拌機攪拌3分鐘。裝模與陰乾方式同實驗一。用電子秤量重量，直到土角重量不再產生變化為止，測量土角強度，並觀察外觀變化

結果：



水量太少呈現大顆粒狀  
沒有黏性



加水100cc作出的土角



水量適中(125cc)  
呈現塊狀且有黏性



水太多(150cc)不易脫模

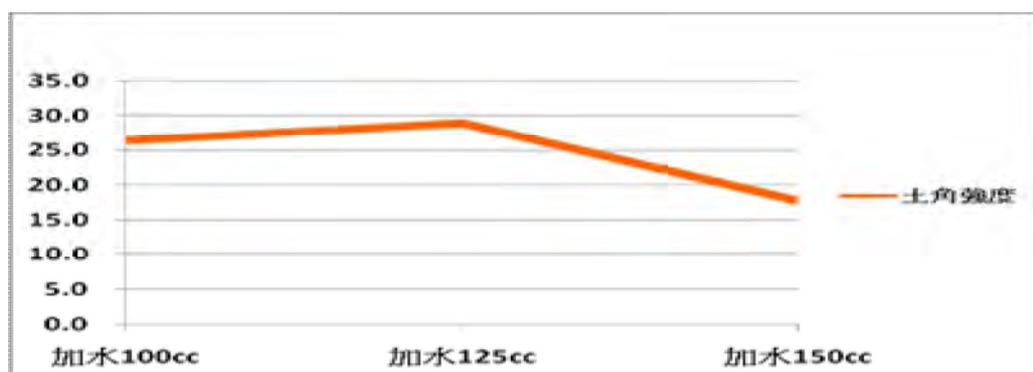
土角加水量對土角強度變化

強度單位(kg/cm<sup>2</sup>)

實驗次數 水量	一	二	三	平均強度
加水100cc	23.9	23.1	24.0	23.7
加水125cc	25.7	25.3	24.9	25.3
加水150cc	17.1	16.7	19.4	17.7

土角加水量對土角強度變化圖

強度單位(kg/cm<sup>2</sup>)



討論：練土過程中，水量太少或水量太多都會影響土角強度，我們發現練土過程水量過少時，不易將Q土攪拌均勻，容易產生小土塊，在壓模時會有空隙。水分太多則土變得太黏且不易脫模，而且當水蒸發後逸出，留下的較多的孔隙，因此強度降低。



### (三)、探討不同重量的濕稻梗對土角強度的影響

- 方法：1.稻梗先剪成每段5公分長。先取乾稻梗0克、5克、10克、15克分別充分浸濕並放置一天，將浸濕的稻梗秤重，加水125cc(各組要扣除稻梗吸收的水量)。
- 2.各取Q土500克重，分別加入濕稻梗及水，利用攪拌機攪拌3分鐘。裝模、陰乾方式同實驗一，待土角重量不再產生變化為止，測量土角強度。



撿稻梗



量乾稻梗重量



稻梗充分浸濕



稻梗15克

我們觀察到加入較多稻梗的土塊，稻梗像纖維一樣，牢牢的抓住Q土，經強烈擠壓也不容易散裂。



沒加稻梗  
裂成大土塊



加5克稻梗  
裂成大土塊



加15克稻梗的土塊  
強烈擠壓不容易散裂



加15克稻梗的土塊  
強烈擠壓不容易散裂

結果：

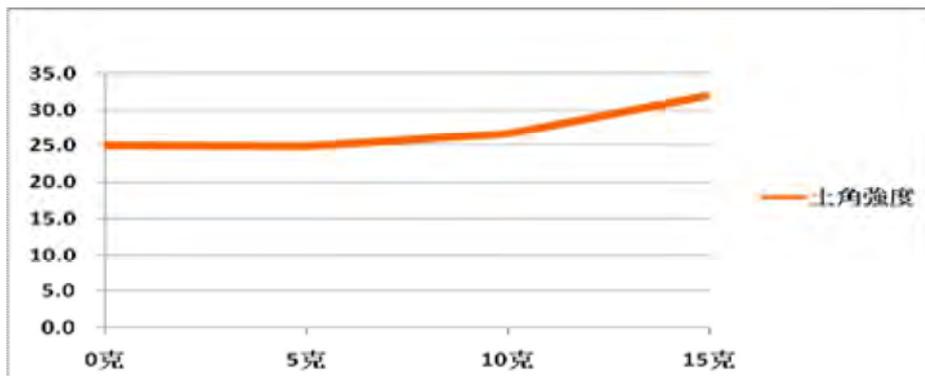
添加不同重量的稻梗對土角強度變化

強度單位(kg/cm<sup>2</sup>)

不同重量 \ 次數	添加不同重量的稻梗對土角強度變化			平均強度
	一	二	三	
0克(對照組)	24.7	24.9	25.3	25.0
5克	24.9	25.4	24.6	24.9
10克	26.3	26.5	27.3	26.7
15克	32.6	31.4	32.1	32.0

不同重量的添加物對土角強度變化圖

強度單位(kg/cm<sup>2</sup>)



- 討論：1.隨著稻梗的添加量增加，土角的強度也會增加，本實驗中15克的稻梗量強度最強。  
 2.加入稻梗太多會將攪拌棒卡住，影響攪拌機攪拌，本實驗最大的稻梗攪拌量為15克。  
 3.稻梗添加量太少時(5克)對強度的影響不大。

#### (四)、探討不同長度的添加物對土角強度的影響

- 方法：1.先將乾稻梗分別剪成長1cm、長3cm、長5cm，將乾稻梗與稻殼各秤重15克後，泡水浸濕一天。將浸濕的稻梗秤重，加水125cc(各組要扣除稻梗吸收的水量)。  
 2.各取Q土500克重分別加入濕稻梗1cm、3cm、5cm、濕稻殼與水攪拌3分鐘。裝模、陰乾方式同實驗一，取沒加稻梗的土角做為對照組。待土角重量不再產生變化為止，測量土角強度。



稻梗1cm



稻梗5cm



濕稻殼



攪拌



Q土加1cm稻梗



Q土加3cm稻梗

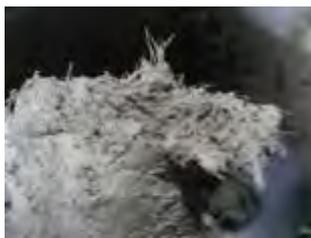


Q土加5cm稻梗



Q土加稻殼

- 結果：1.在練好的土我們發現加入1cm稻梗的Q土含有細小的稻梗絲，而含有5cm的稻梗Q土中，稻梗絲不但長而且將Q土緊密纏繞。



Q土加1cm稻梗



Q土加5cm稻梗



Q土加稻殼

- 2.我們觀察製好的土角中，沒添加稻梗的土角與添加稻梗的土角，土角內部看起來較細密，加入稻殼的土角，土角內部看起來一顆一顆的，輕輕一剝就容易把稻殼剝下來。而且看起來非常粗糙，有許多空隙。



沒加稻梗



加入15克5cm稻梗



加入15克稻殼

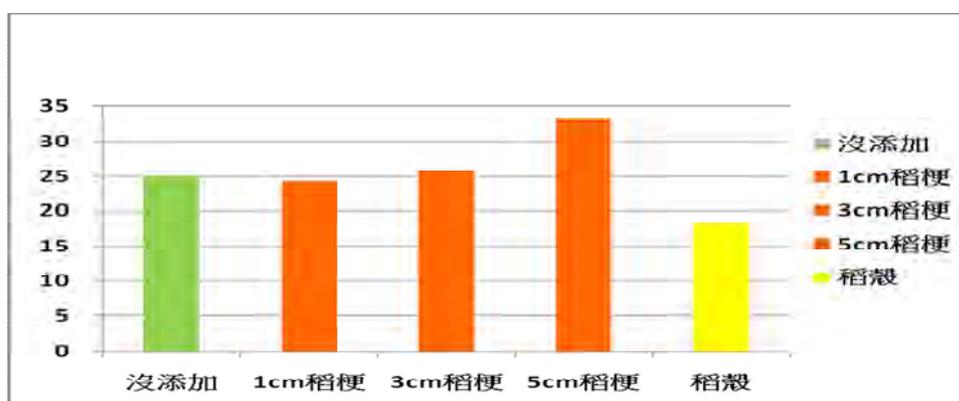
不同長度的添加物對土角強度變化

強度單位(kg/cm<sup>2</sup>)

實驗次數 添加物	一	二	三	平均強度
沒加(對照組)	24.7	24.9	25.3	25.0
1cm稻梗	24.7	23.2	24.8	24.2
3cm稻梗	25.8	25.2	26.3	25.8
5cm稻梗	29.7	36.3	33.0	33.0
稻殼	17.5	18.6	18.2	18.1

不同長度的添加物對土角強度變化圖

強度單位(kg/cm<sup>2</sup>)



討論： 1.加入的稻梗長度增加，土角強度也增加。

2.加入稻殼的土角強度最低，根據我們觀察，加入稻殼的土角，內部看起來一顆一顆的，有許多空隙，我們推測應是稻殼太硬，無法和土角緊密結合在一起，因此產生了空隙，導致強度變低。如右圖



#### (五)、探討不同溫度對土角強度的影響

方法：製作小土角，取Q土500克重，加水125cc並利用攪拌機攪拌3分鐘，裝模步驟同實驗一將土角分別以烘箱20度（模擬陰涼處地面溫度）與50度(模擬烈日下地面溫度)烘乾，再取3塊土角放置室內為對照組，直到土角重量不再產生變化時取出，觀察土角外表並測量土角強度。



烘箱中



放置室內

結果：

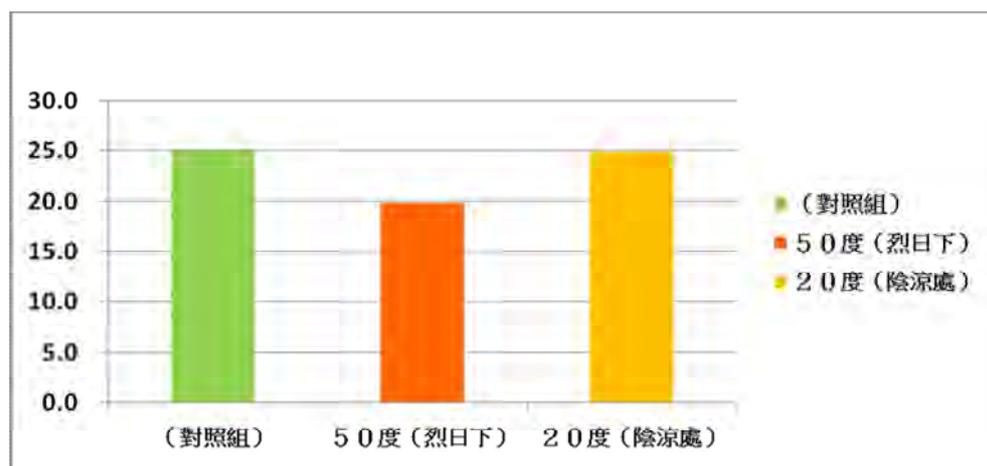
不同環境對土角強度變化

強度單位(kg/cm<sup>2</sup>)

次數	一	二	三	平均強度
練土時間 (對照組)	24.7	24.9	25.3	25.0
50度(烈日地面溫度)	19.2	20.4	19.8	19.8
20度(陰涼處地面溫度)	25.1	24.2	25.5	24.9

不同環境對土角強度變化圖

強度單位(kg/cm<sup>2</sup>)



不同溫度土角平均重量變化表

重量單位( gw)

天數	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
對照組 (室內陰乾)	248	215	211	207	204	200	199	198	197	198
50度 (烈日下)	248	196	196	196	—	—	—	—	—	—
20度 (陰涼處)	247	213	209	205	203	201	200	197	197	197

討論：1.以溫度50度烘乾的土角平均強度為19.8；以溫度20度烘乾的土角平均強度為24.9，以較高的溫度烘乾土角，其強度會降低。因此古時農家會將製作好的土角放置在室內陰涼處陰乾，除了較不易龜裂外，強度也比放置在陽光下曬乾的土角強。

2.土角以50度烘箱烘乾水分，2天後重量就不再變化，而對照組與20度環境的土角則在14天後重量才不再變化，表示在溫度高的環境下土角內部水分蒸發速度快，我們推測在水分在快速逸出的過程可能留下空隙，而使土角強度變低。

#### (六)、不同的土角厚度對土角強度的影響

方法：取Q土500克重，加水125cc並利用攪拌機攪拌3分鐘。裝模步驟同實驗一，將土角厚度控制為2cm、3.2cm、4.6cm，放置室內陰乾，重量不再產生變化時測量強度



製作不同厚度土角



不同厚度的土角



不同厚度的土角



比較強度大小

結果：



2cm土角強度實驗



3.2cm土角強度實驗



4.6cm土角強度實驗



2cm土角強度實驗



3.2cm土角強度實驗



4.6cm土角強度實驗

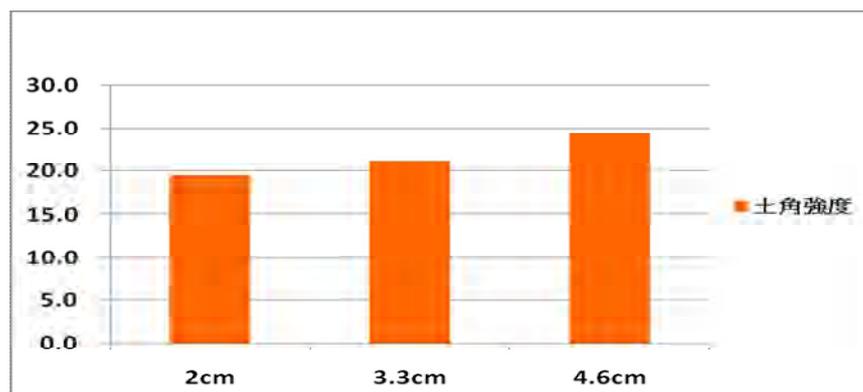
土角厚度對土角強度變化

強度單位(kg/cm<sup>2</sup>)

次數 土角厚度	一	二	三	平均強度
2.0cm	20.4	17.9	20.3	19.6
3.2cm	22.1	20.6	21.0	21.2
4.6cm	23.9	24.9	25.0	24.6

土角厚度對土角強度變化圖

強度單位(kg/cm<sup>2</sup>)



討論：

在相同高度下，土角厚度越小，強度越小；厚度越大，強度越大。

## 五、研究傳統與現代建築材料之異同

### (一)、探討土角厝沒落的原因

從訪問三和瓦窯的李老闆中，我們了解了古時候的人就地取材，利用具有黏性的土來蓋土角厝，由於時代進步，建築材料的發明，現代人已不再用這古老的方法蓋房屋，為了進一步了解現代建築材料的特色，我們拜訪了學校附近製作混凝土添加劑工廠裡的黃爸爸。

我們設計的訪問稿三 (漢鴻實業股份有限公司 黃先生)

1. 現代建築常見的材料有哪些？
2. 混凝土的材料是什麼？
3. 混凝土蓋的房子有什麼優缺點？

訪談整理

科技日新月異，新的發明也會取代舊的事物。土角厝由於建築材料的發展的發展，而漸漸沒落。根據黃爸爸的訪談內容，我們了解目前主要的建築材料是混凝土。混凝土是指水泥加砂石和水的混合物，根據加入的水量、砂石含量與添加劑而會有不同的強度。混凝土建材的優點是堅固、可以蓋高樓，耐久缺點是悶熱、材料不環保。為了更進一步研究傳統與現代建築材料的不同，我們透過實驗的方法來進行土角與混凝土的研究。

### (二)、土角與混凝土外觀與重量、邊長之比較

方法：觀察土角外觀與混凝土試體外觀，測量土角與混凝土試體體積與重量並做比較。



土角外觀



混凝土試體外觀



測量土角重量

結果：

項目	土角 添加30克稻梗	混凝土 添加砂石
外觀		
	土角表面較光滑 看的到細小的稻梗絲	外表較多小坑洞
平均 重量	172gw	266gw
壓模 邊長	5cm	5cm
乾燥後平均邊長		
	4.6cm	5cm

- 討論：
- 1.土角外觀較細緻光滑，混凝土外表較多小坑洞。
  - 2.相同體積下混凝土重量較重。
  - 3.土角乾燥前後的邊長會收縮，相差約0.4cn，而混凝土乾燥後的邊長並不會收縮，還是5cm。

### (三)、土角與混凝土強度之比較

方法：取同體積現代建築通用的混凝土試體強度210，與我們製作出的土角(500g加水125cc加15克稻梗5公分攪拌3分鐘)，比較傳統與現代建材的強度有何不同



試體強度比較



壓至強度最大值為止



混凝土試體



實驗後的混凝土試體

結果：

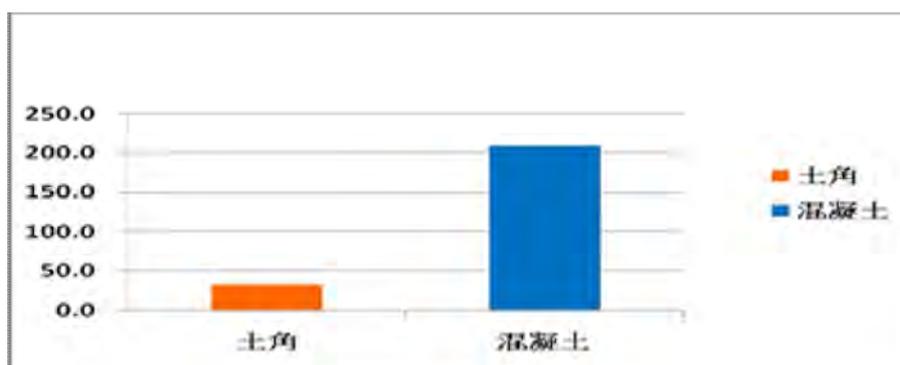
土角與混凝土強度之比較

強度單位 (kg/cm<sup>2</sup>)

項目 \ 實驗次數	一	二	三	平均強度
土角	32.5	34.0	31.6	32.7
混凝土 通用建築強度	209.8	207.6	206.2	207.9

土角與混凝土試體強度之比較

強度單位 (kg/cm<sup>2</sup>)



討論：取現代通用建築的混凝土試體強度與土角相比，土角強度約為混凝土試體強度的1 / 7 倍。混凝土強度強，可乘載較大重量，因此較適合蓋高樓；而土角盾強度小，只能乘載較少重量，只適合蓋單層房屋。

#### (四)、 土角與混凝土隔熱效果之比較

- 方法：1.利用壓克力板製作隔熱箱，避免電暖爐熱源從旁邊流入影響實驗結果。  
2.將面積與厚度相當的土塊與混凝土塊放在隔熱箱前，後方各放置一支溫度計，底部要緊貼著壁面，以便測量表面溫度。  
3.溫度計固定在中心點上，在距離10cm處放置電暖器，打開電源後每分鐘讀取內外溫度計數據並紀錄。由於電暖器有斷電裝置(每十分鐘斷電一次)，因此每次實驗加熱時間為十分鐘。



中心點上做記號

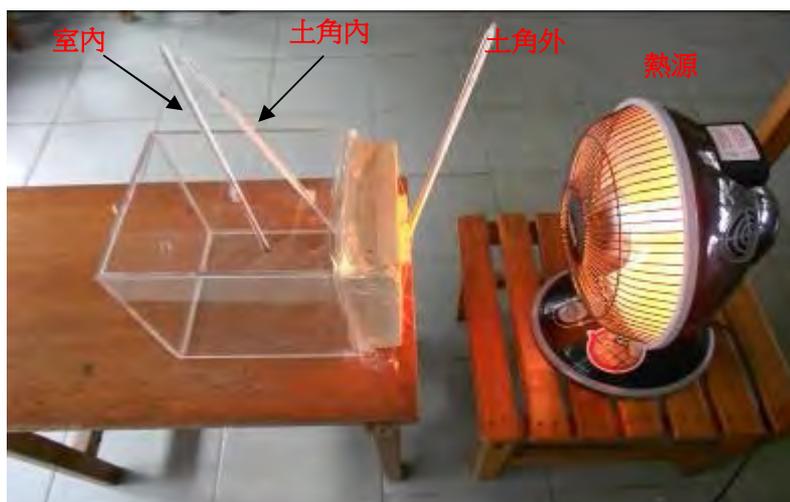


記號上放置溫度計



底部要貼著壁面

### 實驗裝置照片



隔熱箱模擬房屋

電暖器模擬太陽

### 結果

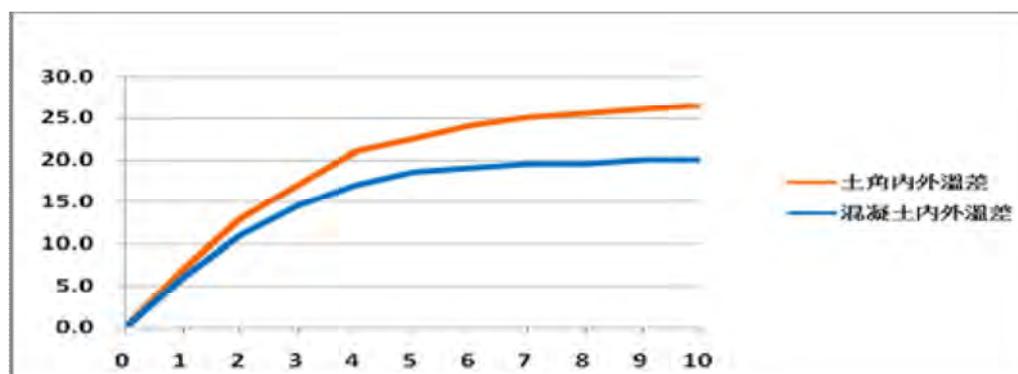
土角與混凝土隔熱之比較 (三次平均)

溫度單位 °C

時間 項目	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
土角外	30	37	43	47	51	52.5	54	55	55.5	56	57
土角內	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30.5
內外溫差	0.0	7.0	13.0	17.0	21.0	22.5	24.0	25.0	25.5	26.0	26.5
室內	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
混凝土外	29	35	40	43.5	46	47.5	48.5	49	49.5	50	50.5
混凝土內	29	29	29	29	29	29	29.5	29.5	30	30	30.5
內外溫差	0.0	6.0	11.0	14.5	17.0	18.5	19.0	19.5	19.5	20.0	20.0
室內	29	29	29	29	29	29	29	29.5	29.5	29.5	30

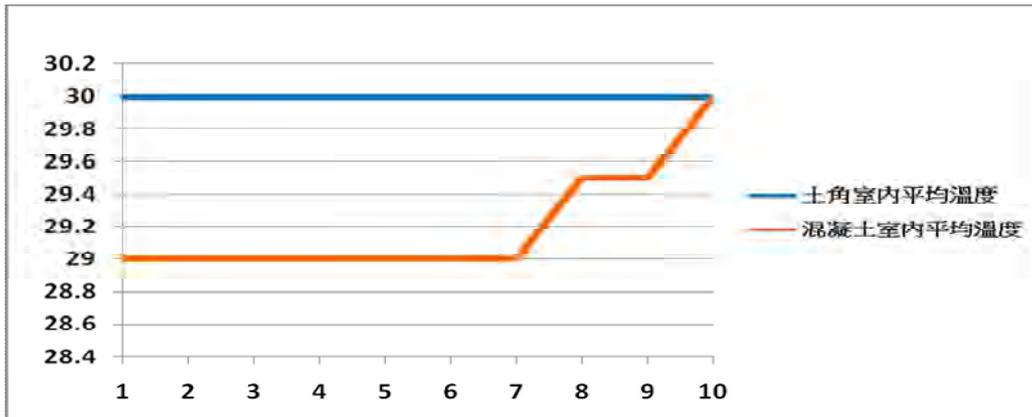
土角、混凝土內外溫差比較圖

單位 °C



土角、混凝土 室內溫度變化圖

單位 °C



討論：1.比較土塊與混凝土加熱情形，加熱10分鐘後，土角的內外溫差隨時間變大，而且曲線變化比混凝土曲線較陡，內外溫差越大表示隔熱效果越好，因此土角的隔熱效果比混凝土佳。

2.相同熱源加熱下，土角室內溫度在十分鐘內並沒有任何變化；而混凝土室內溫度在加熱七分鐘後開始逐漸上升，實驗結果顯示在相同時間，相同熱源照射下，混凝土室內溫度增加，因此混凝土傳熱較快，土角室內溫度無變化，因此傳熱較慢，所以土角的隔熱效果比混凝土好。

#### (五)、探討土角與混凝土建材對環境的影響

方法：

- 1、將土角與混凝土分別以木槌敲碎，利用相同的篩網去除較大的顆粒，將篩好的顆粒裝入花盆中
- 2、取等量的校園榕樹下砂質黃土作為對照組
- 3、將綠豆泡水直到種皮裂開。
- 4、分別將泡水的綠豆各十五顆種入土角碎塊、混凝土碎塊、校園砂質黃土，觀察與紀錄綠豆生長情形
- 5、以石蕊試紙測量三盆植物所生長環境的酸鹼值，並取自來水做為對照組



土角、混凝土分別敲碎



利用篩網過篩，使其顆粒大小相同



各種入15顆綠豆



放置室外定時澆水  
記錄綠豆生長情形



取花盆內的水



滴在石蕊試紙上



滴在石蕊試紙上



石蕊試紙變色情形

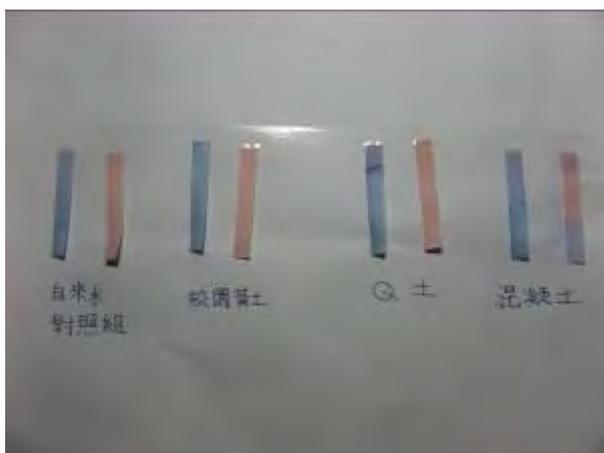
結果：

不同土質對綠豆生長情形

土質 日期	校園砂質黃土	土角塊	混凝土塊
第一天			
	未發芽	未發芽	未發芽
第七天			
	長出5顆新芽	長出7顆新芽	長出5顆新芽
第十五天			
	發芽數6顆 2顆綠豆長出葉片	發芽數10顆 4顆綠豆長出葉片	發芽數0顆 綠豆腐爛

不同土質酸鹼性比較

土質 項目	自來水 對照組	校園砂質 黃土	土角塊	混凝土塊
藍色石蕊試紙	不變色	不變色	不變色	不變色
紅色石蕊試紙	不變色	不變色	不變色	變藍色
酸鹼性	中性	中性	中性	鹼性



酸鹼實驗結果

討論：1.校園砂質黃土與土角塊的花盆中均有綠豆發芽與長葉，其中種在土角塊的綠豆發芽數最多，種在校園砂質黃土的綠豆長的最高。種在混凝土碎塊的綠豆，剛開始有5顆長出小新芽，但一周後新芽脫落，二周後綠豆都腐爛變色。

2.利用石蕊試紙檢測三種土壤的酸鹼性，發現混凝土的碎塊呈現鹼性反應，而校園砂質黃土與土角塊則是中性。因此由這個實驗可知，混凝土碎塊是鹼性，不利植物生長，如果任意丟棄，對環境的危害大。

## 伍、結論

我們的家鄉大樹區有得天獨厚的環境，由於不同的土質分布，因此形成了不同的產業聚落。山頂的砂質黃土，排水性強適合種植鳳梨；山腳下的Q土因為土質細緻無雜質，瓦窯業特別興盛；而高屏溪沙床的砂土則是混凝土廠的添加原料。

我們從土角的製作過程進行探究，所得到的結論如下



- (一)、 取土：製作土角的土要選擇具有黏性、強度較強的Q土。
- (二)、 練土：練土時間不能太短，土角才能均勻混合，顆粒大小一致；加入土角的水量不宜太多，除了不易脫膜外，水量越多強度也越小。加入適當的長稻梗、可使土角增加強度並且不易受壓崩解。
- (三)、 陰乾：土角置於溫度較高的環境下，水分流失快，可能會造成較多的小裂縫因而降低土角強度。
- (四)、 土角：相同高度下，土角越厚強度越大，越薄強度越低。

## 【評語】 080511

1. 能對傳統建材做有系統的研究，實驗設計尚稱合宜。
2. 與環境結合，實為鄉土教材重要之題材。
3. 部分變因仍需多樣討論找出折點、波峯意義化。