

屏東縣第 64 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學科(三) (含化學工程/環境科學)

組 別：國中組

作品名稱：豬大哥茅草屋頂的秘密



關鍵詞：茅草、隔熱、防漏

編號：B8009

作品名稱：豬大哥茅草屋頂的秘密

摘要

我們在溪邊採集到四種茅草，用這四種茅草做成模型竹屋的屋頂，來比較它們的防水性、隔熱性、耐用性及韌性，希望用科學方法來驗證白茅草的優勢，也進一步了解祖先們為何選擇白茅來蓋屋頂，結果發現白茅草的其載重支撐力遠超過其他茅草，即使經過日曬雨淋後期支撐力仍然是四種茅草中的佼佼者。白茅草葉長最長，葉寬第二，可以節省蓋茅草屋頂的時間，至於隔熱效果茅草屋頂都有很好的隔熱效果(溫差 5-15°C)，而白茅也是這四種草中最好的，因此我們認為用茅草來蓋屋頂其實是蠻環保的一種選擇。

在防漏水上，白茅 5 分鐘滴下的水量最少，推測其防水效果最好，排列方式是由下往上排列的漏的水量比較少。綜合以上的實驗結果，白茅草是四種茅草中最適合蓋屋頂的，這也印證先民的智慧是經驗累積的財產，我們應該用科學方法將這種智慧傳承下去。



用茅草莖築牆和用茅草蓋屋頂的屋子

壹、前言

一、研究動機

有一次到原住民文化園區參觀，看見許多原住民的建築都是就地取材，有些用石板、有些用木板，甚至還有用茅草來蓋房子的，我們很驚訝原住民的祖先是怎麼知道要利用哪些大自然的材料來蓋房子呢？許多原住民傳統家屋和穀倉的屋頂也有用茅草為材料，經過資料的查詢和部落耆老的訪談，發現屋頂的材料使用白茅來鋪成，因此對於茅草的特性我們希望有進一步的了解，也藉此研究可以了解我們祖先在建築上的智慧。

茅草的種類有很多種，白茅到底有些甚麼特性，讓先民們可以用來蓋屋頂呢？於是我們實地走訪溪邊，看到很多葉子較小的蘆竹、瘦瘦高高的甜根子草、胖胖高高的象草及走莖在地下長得較矮小的白茅，於是我們採集甜根子草、象草、白茅再加上家中常見的飲料材料——檸檬香茅，用這四種芒草做成模型竹屋的屋頂，來比較它們的防水性、隔熱性、耐用性及韌性，希望用科學方法來驗證白茅草的優勢，也進一步了解祖先們為何選擇白茅來蓋屋頂。



老師帶領到溪邊採集各種茅草



老師帶領到原住民文化園區參觀各種茅草屋頂建築

二、文獻探討

(一) 白茅：(參考一)

1. **學名**：*Imperata cylindrica*
2. 俗名：茅根、茅草根、絲茅、茹根、白茅根
3. 用途：
食用：白茅的嫩芽、嫩莖、及嫩花穗皆可生食。根莖可按蘆筍的方法食用。白茅是很好的固沙植物，白茅是牲畜喜歡食用的牧草。



(二) 象草(參考二)

1. **學名**：*Pennisetum purpureum*
2. 俗名：象草，紫狼尾草
3. 用途：
牧草：是一種很好的牧草，可以用來餵食牲畜。
食用：嫩莖嫩筍，可以採食烹調。稱為『牧草心』。
花材：花穗可當乾燥花材。



(三) 檸檬香茅(參考三)

1. 學名：*Cymbopogon citratus*(DC.) Stapf
2. 俗名：檸檬茅、檸檬草、香茅草
3. 用途：可作茶飲、料理、沐浴泡澡、驅蟲等用途，植物體萃取的精油呈黃至暗黃色，稱香茅油。狹長的葉片可製作成像是蜻蜓、蚱蜢等童玩。



(四) 甜根子草(參考四)

1. 學名：*Saccharum spontaneum*
2. 俗名：割手密、小巴茅
3. 用途：甜根子草被收割作為茅草屋的屋頂或菜園的柵欄。

原產於印度，它和甘蔗一樣，會把糖分儲存在莖裡，莖的基部嚐起來略帶甜味，所以稱作甜根子草。多年生草本植物，可長至3米高。在台灣的開闊的河床與砂質的土地上，在9月中秋節前後可看到一整片開白色花的甜根子草，果熟時帶白毛傳播，常被誤以為是芒草或蘆葦。到了冬季，一大片甜根子草會轉為枯黃。



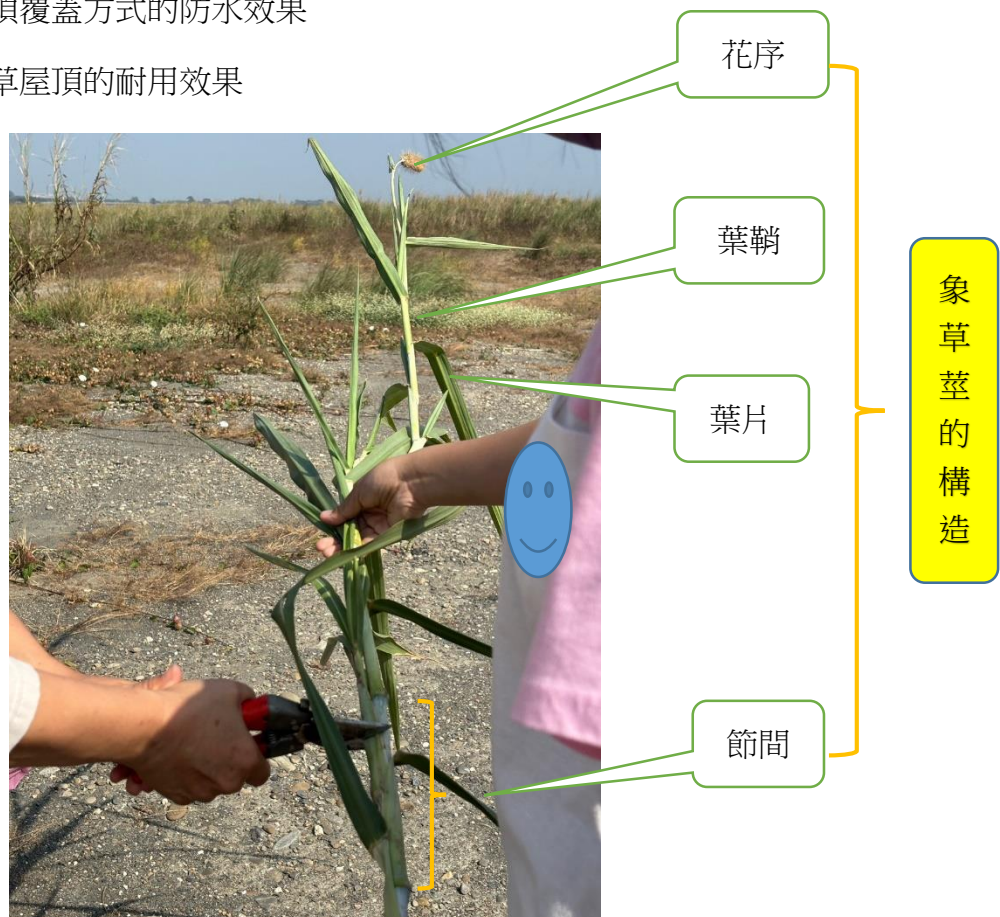
(五)原住民的傳統建築(參考五)

排灣族家屋以石板為材料，部分地區使用木材、竹與茅草或土坯為建築材料。其他原住民族如阿美族、泰雅族、布族農...等的傳統家屋和穀倉的屋頂也有用茅草為材料。屋頂的材料使用白茅和五節芒來鋪成，在鋪屋頂的時候，會鋪兩個方向，下面一層會把根部往外，上面一層會把根部往屋頂中央交錯鋪成，如此兩向方向的白茅束交錯，可以增加防雨的功能。由於材料的耐久度之緣故，過去約是每 2 到 3 年更換茅草，全部落的人會來換工幫忙，形成原住民族社會當中的重要文化。

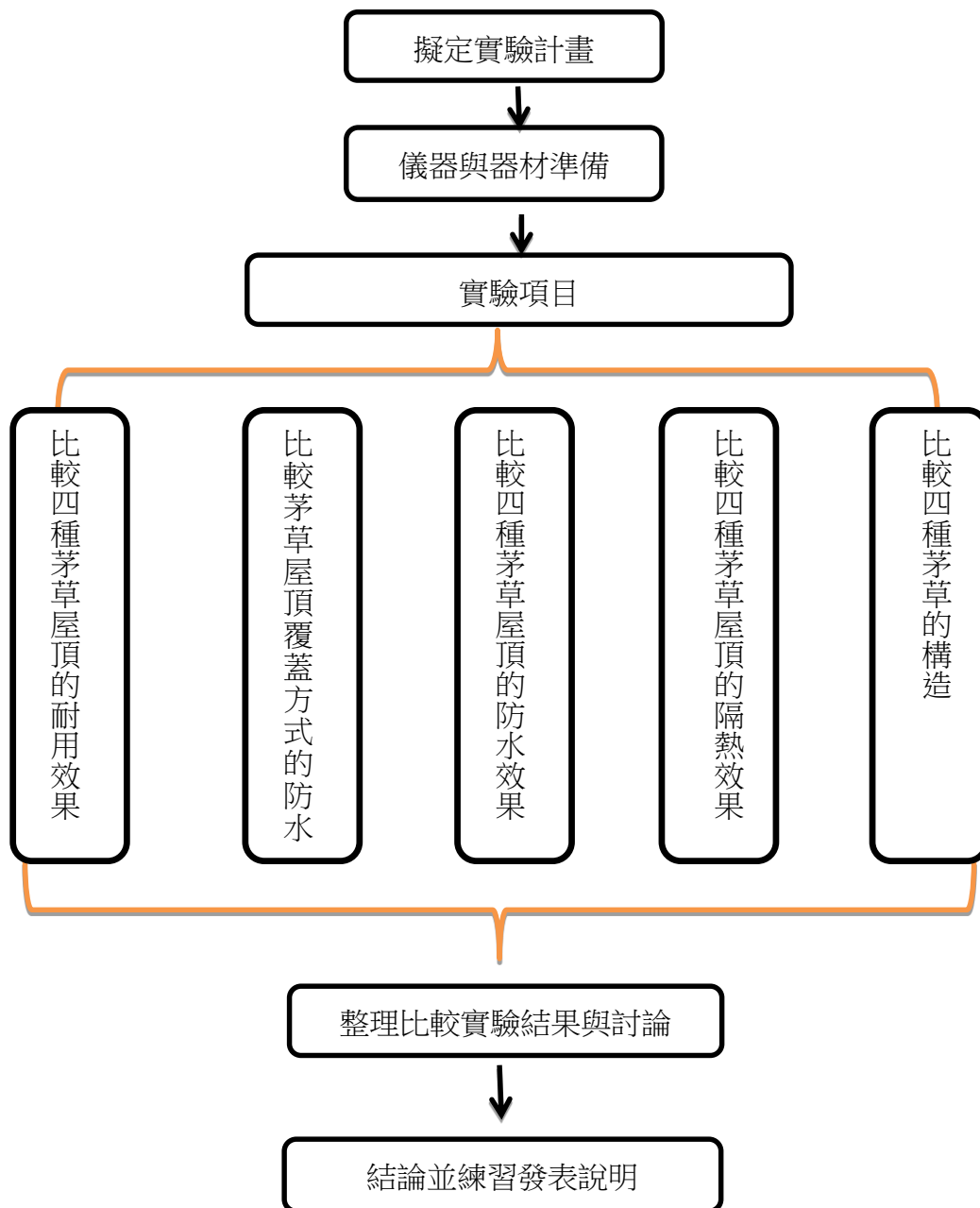


三、研究目的



















- (一)比較四種茅草的構造
- (二)比較四種茅草屋頂的隔熱效果
- (三)比較四種茅草屋頂的防水效果
- (四)比較茅草屋頂覆蓋方式的防水效果
- (五)比較四種茅草屋頂的耐用效果



四、研究流程



貳、研究設備與器材

					
象草	白茅	甜根子草	檸檬香茅	冰棒棍	白膠
					
熱熔膠槍	尺	砝碼	盆子	鐵架	裝水容器
					
烏龜燈	溫溼度計	量筒	手機顯微鏡	電子秤	固定夾

參、研究過程與方法

準備工作：

* 蓋竹屋

- (1) 剪 15cm 長的竹籤及冰棒棍
- (2) 使用熱熔膠將其黏成竹屋模型



* 蓋茅草屋頂

- (1) 前往溪邊採集茅草
- (2) 整理茅草並曬乾
- (3) 將不同的茅草的一片葉子剪成三~四段，每段 15 公分
- (4) 將剪下的茅草分成前段一層、中段一層、後段一層(末梢)，黏成 3 層屋頂



製作茅草屋頂



1 層 15*15cm²
象草茅草屋頂



3 層 15*15cm²
檸檬香茅屋頂



3 層 15*15cm²
甜根子草屋頂

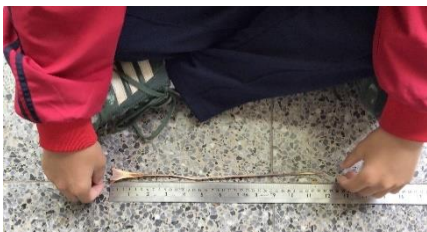
一、比較四種茅草的構造

- (一)測量茅草葉子和節間的平均長度及寬度
- (二)用顯微鏡觀察其葉子上下表面結構
- (三)在葉子上下表面滴一滴水，觀察哪種葉子具有蓮花效應
- (四)固定 3 片葉子的兩端，中央吊砝碼
- (五)等砝碼掉落，量出砝碼總重量
- (六)比較葉子可以支撐多少重量

茅草掛砝碼



測量茅草支撐
砝碼總重



測量茅草葉子的長度



滴水到葉子的上下表皮，觀察水珠形成情

二、比較四種茅草屋頂的隔熱效果

- (一)將茅草屋頂放在竹屋上
- (二)屋頂上照可發熱的烏龜燈
- (三)在屋頂內外放溫度計，每隔 10 分鐘記錄溫度的變化



製作茅草屋



蓋上茅草屋頂



茅草屋頂上放
置加熱燈泡



茅草屋頂上、屋子
內放溫度計，測量
內外溫差

三、比較四種茅草屋頂的防水效果

- (一)在屋頂上用盆子裝 250ml 的水，盆子戳洞，以 10mm/分鐘的水(大雨的標準)澆在四種茅草屋頂上，測量屋內滴入第一滴水的時間。
- (二)當屋頂澆水 5 分鐘後，測量滴下水的體積，及裝水盆子剩下水的體積。
- (三)比較屋頂漏水的情形。



茅草屋頂上澆水裝置



象草屋頂



白茅草屋頂



甜根子草屋頂



檸檬香茅屋頂

四、比較茅草屋頂覆蓋方式的防水效果

- (一)方法同實驗三。
- (二)屋頂用三種覆蓋方式:
- (三)比較三種屋頂覆蓋方式的漏水的情形。



不同覆蓋方式的屋頂:下往上



不同覆蓋方式的屋頂:上往下

五、比較四種茅草屋頂的耐用效果

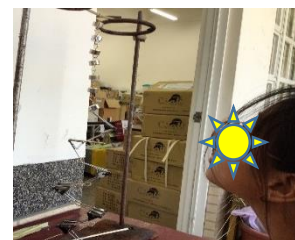
- (一)將屋頂泡水一周、曬乾。
- (二)測量屋頂的耐重力(如實驗一)及抗漏水情形(如實驗三)



將茅草屋頂泡水



將茅草屋頂曬乾



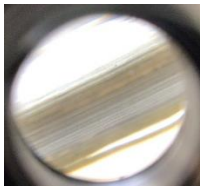

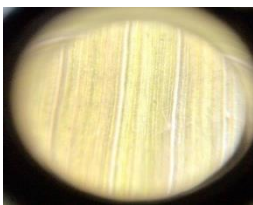
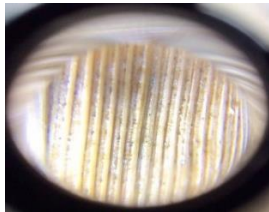
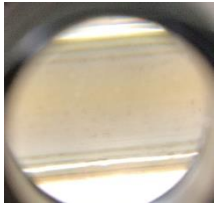
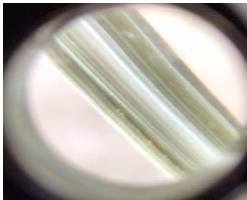
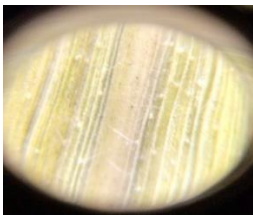
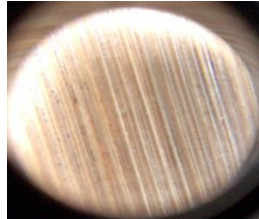
測試其支撐力

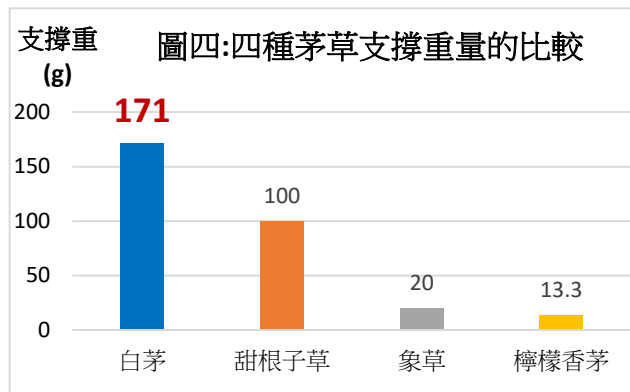
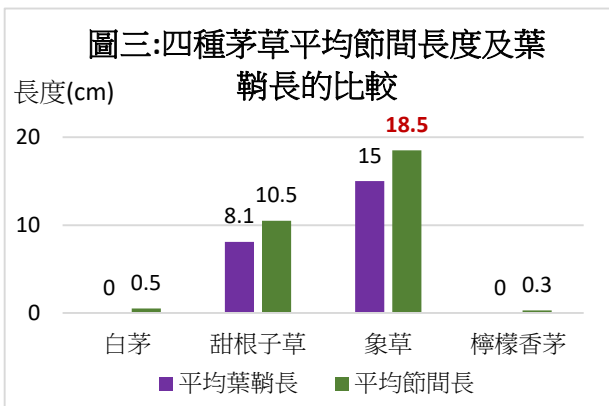
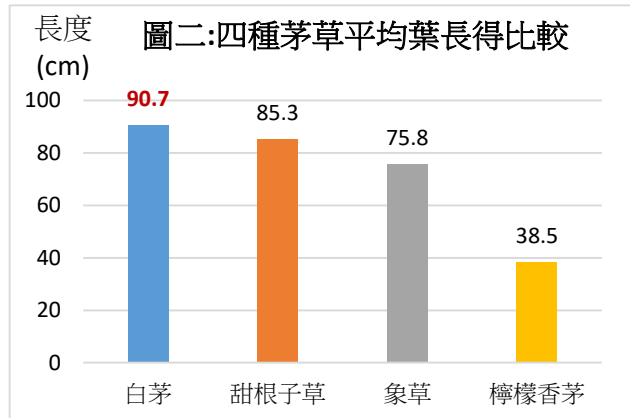
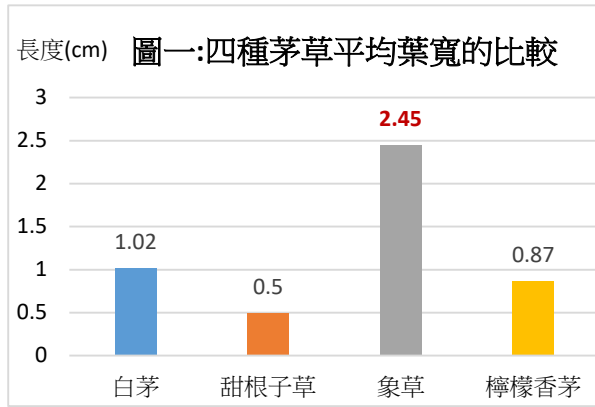
肆、研究結果與討論

一、比較四種茅草的構造

原住民的建築常常是就地取材，所以他們常用溪邊的茅草來當作蓋屋頂的材料，但是溪邊的茅草那麼多種，為什麼他們會用白茅草呢？白茅草到底有什麼樣的特性？我們做了以下的觀察，結果如下表。

表一:四種茅草各種構造的比較

	白茅	甜根子草	象草	檸檬香茅
葉子的構造	上表皮 下表皮	上表皮 下表皮	上表皮 下表皮	上表皮 下表皮
				
				
蓮花效應	上表皮:X 下表皮:X	上表皮:X 下表皮:X	上表皮:X 下表皮: O	上表皮:O 下表皮:O
支撐重量(g)	171	100	20	13.3
節間長度(cm)	0.5	10.5	18.5	0.3
平均葉長(cm)	90.7	85.3	75.8	38.5
平均葉鞘長(cm)	0	8.1	15	0
平均葉寬(cm)	1.02	0.9	2.45	0.87



【結果與討論】

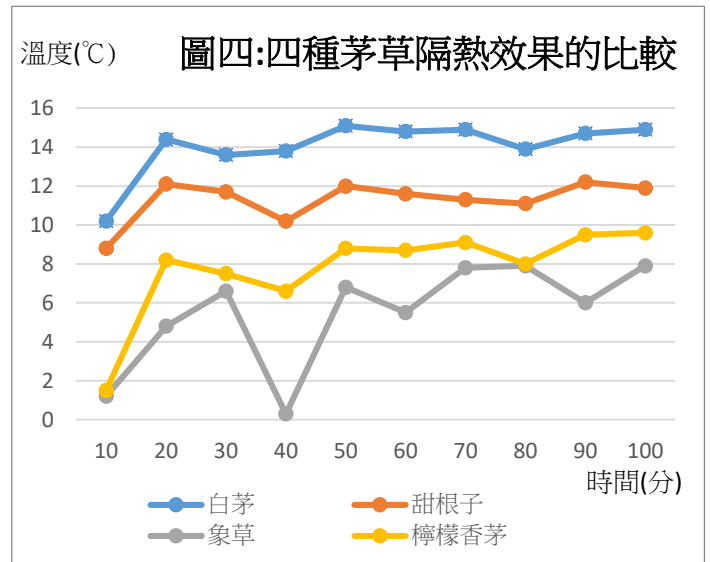
- (一)由表一能看出象草和檸檬香茅葉上的毛較多，有蓮花效應(滴水時，會有水珠在葉面上滾動)，最好的是檸檬香茅。
- (二)由圖三發現載重最好的是白茅，其載重支撐力遠超過其他茅草。
- (三)象草和甜根子草都是很高大的茅草(2-3 公尺)，所以莖的節間長最長的是象草，其次是甜根子草，至於檸檬香茅和白茅莖都非常短，鋪在地面上，莖的節間都不到 1 公分。
- (四)包著莖的葉鞘長和節間長度有關，節間長，葉鞘也比較長，葉鞘最長的是象草，其次是甜根子草，檸檬香茅和白茅則沒有葉鞘。
- (五)葉寬最寬的是象草，其他三種茅草葉寬差異不大，所以葉子外觀都比象草細長。
- (六)葉長最長的是白茅，其次是甜根子草，檸檬香茅最短。
- (七)該茅草屋頂選擇長又寬的可以節省時間，選擇支撐力好的比較堅固，綜合這三點，白茅草是最佳的選擇，我們相信先民的選擇是有其道理的。

二、比較四種茅草屋頂的隔熱效果

由第一個實驗我們發現白茅草的葉子比較長，蓋屋頂較方便，而白茅的支撐力也是最好的，那白茅的做成的屋頂隔熱效果如何呢？我們的實驗結果如下：

表二：四種茅草屋頂內外溫差(°C)的比較

照光時間(分)	白茅	甜根子草	象草	檸檬香茅
10	10.2	8.8	1.2	1.5
20	14.4	12.1	4.8	8.2
30	13.6	11.7	6.6	7.5
40	13.8	10.2	0.3	6.6
50	15.1	12	6.8	8.8
60	14.8	11.6	5.5	8.7
70	14.9	11.3	7.8	9.1
80	13.9	11.1	7.9	8
90	14.7	12.2	6	9.5
100	14.9	11.9	7.9	9.6



【結果與討論】

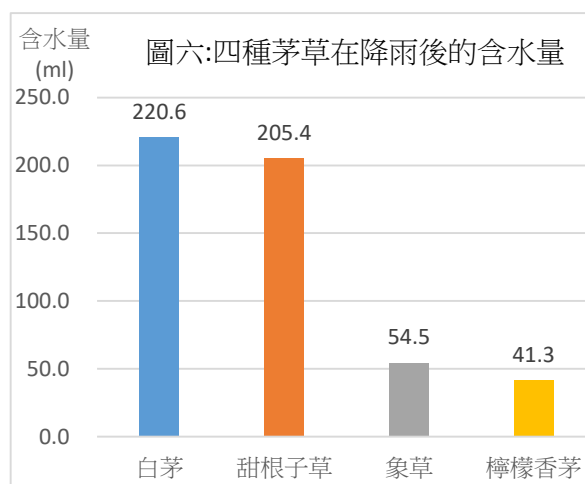
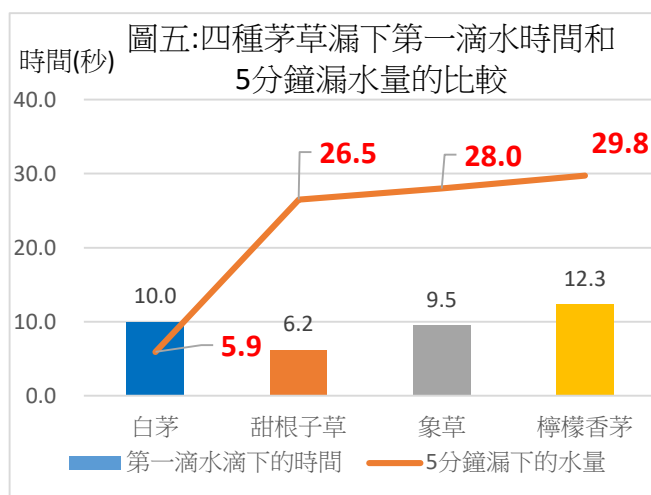
- (一) 由圖四能看出白茅草的隔熱效果是這四種草中最好的，它的隔熱效果甚至可以高到內外溫差 15 度，也就是說如果外面有 35 度的話，屋內的溫度差不多 20 幾度，所以在這樣子的屋頂之下，甚至不需要吹冷氣就很涼快了。
- (二) 隔熱效果第二的是甜根子草，它的內外溫差也可以達到 10 度左右，至於象草和檸檬香茅就比較差了，但是內外的溫差也有超過五度。
- (三) 所以用茅草來蓋屋頂其實是蠻環保的一種選擇，可以減少冷氣的使用，進而減少二氧化碳的排放，減緩溫室效應，所以使用茅草屋頂應該可算是一種綠建築，在降低地球暖化上是可以貢獻的環保材質。

三、比較四種茅草屋頂的防水效果

第二個實驗我們發現白茅的隔熱效果是四種茅草中最好的，那接下來我們要試試看白茅的防漏程度是不是也很好呢？我們的實驗結果下：

表三:四種茅草屋頂防水效果的比較

	白茅	甜根子草	象草	檸檬香茅
第一滴水滴下的時間(秒)	10.0	6.2	9.5	12.3
5分鐘漏下的水量(ml)	5.9	26.5	28.0	29.8
含水量(ml)	220.6	205.4	54.5	41.3



【結果與討論】

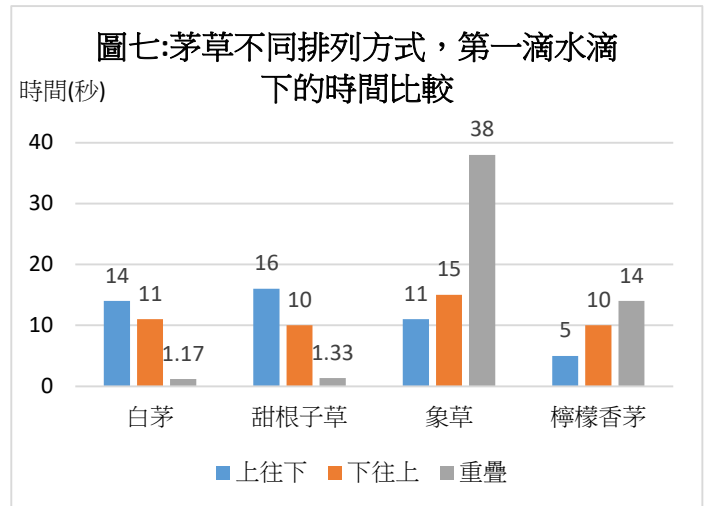
- (一)從圖五能看出**檸檬香茅的第一滴水是最慢滴下來的**，可能與他的蓮花效應有關，可能可以形成水珠，讓水迅速滾下屋頂，**白茅次之**。
- (二)從圖五曲線看出**白茅 5 分鐘滴下的水量最少**，推測其防水效果最好。
- (三)在圖六能看出白茅及甜根子草的含水量比象草及檸檬香茅多很多，推測它會把水儲存葉子裡面而不漏到屋子中，而象草及檸檬香茅的葉子毛較多較細，含水量最差，水易滲入屋中。

四、比較茅草屋頂覆蓋方式的防水效果

由第三個實驗發現白茅草的防漏效果很好，哪茅草屋頂的茅草排列方式是否也會影響其防漏效果呢?結果如下:

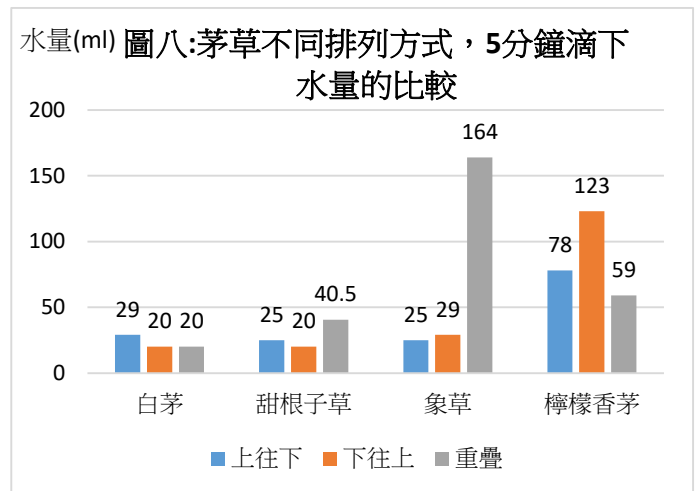
表四:茅草不同排列方式，第一滴水滴下的時間比較

排列	白茅	甜根子草	象草	檸檬香茅
上往下	14	16	11	5
下往上	11	10	15	10
重疊	1.17	1.33	38	14



表五:茅草不同排列方式5分鐘滴下水量的比較

排列	白茅	甜根子草	象草	檸檬香茅
上往下	29	25	25	78
下往上	20	20	29	123
重疊	20	40.5	164	59



【結果與討論】

- (一) 由表四和圖七發現不同覆蓋方式時，第一滴水滴下的時間白茅草並不是最久的，但是也不差。
- (二) 由表五和圖八發現5分鐘滴下來的水量白茅草在平均來講是最好的，第二名是甜根子草。
- (三) 至於排列的方式白茅和甜根子草都和象草跟檸檬香茅相反，白茅和甜根子草

是由上往下排列的第一滴水的時間比較久，但是 5 分鐘落下來的水量比較多，象草和檸檬香茅剛好相反。

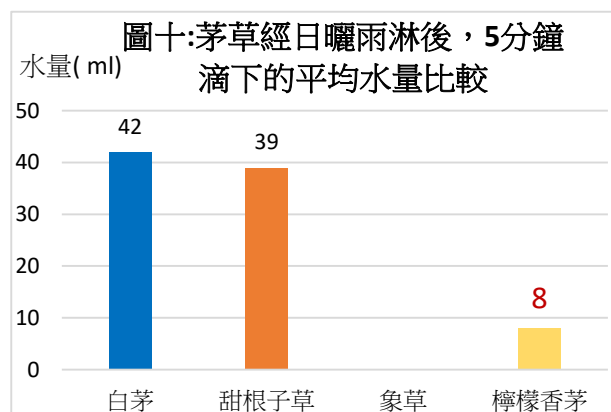
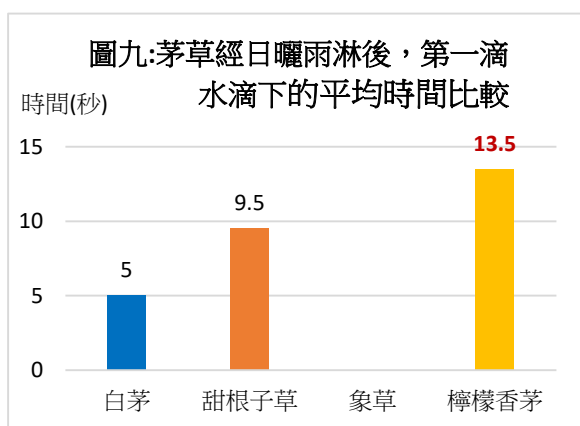
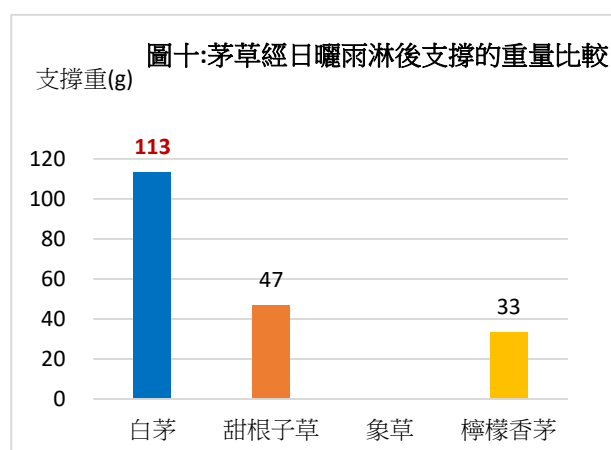
(四) 以白茅草蓋屋頂而言，排列方式是以由下往上排列的漏的水量比較少。

五、比較四種茅草屋頂的耐用效果

有第三個和第四個漏水實驗發現白茅草的防漏效果雖然不是最好的，但是也不差，最後要測試的就是這些茅草蓋的屋頂他們的耐久度如何呢？我們的實驗結果如下表。

表六: 茅草經過雨打(泡水)日曬後，滴下水量的比較

	白茅	甜根子草	檸檬香茅
第一滴水滴下的時間(秒)	5	9.5	13.5
5分鐘漏水量(ml)	42	39	8
載重(g)	113	47	33



【結果與討論】

- (一) 由表六和圖發現茅草在經過雨淋日曬之後，防漏和支撐力都變差了，尤其白茅草在第一滴水滴下來的時間和 5 分鐘漏下來的水量變得最差，檸檬香茅反而成為最好的。
- (二) 在支撐重量都變低的情況下，還是白茅草的支撐重最好而且支撐力是其他茅草的將近三倍，所以如果就支撐力來說還是使用白毛草來蓋屋頂是最好的選擇。

陸、結論

- (一)象草和檸檬香茅葉上的毛較多，有蓮花效應(滴水時，會有水珠在葉面上滾動)，最好的是檸檬香茅，下雨時漏水的時間比較慢，但開始漏水後漏下的水量比較多。
- (二)載重最好的是白茅，其載重支撐力遠超過其他茅草。
- (三)象草和甜根子草都是很高大的茅草(2-3 公尺)，所以莖的節間長最長的是象草，其次是甜根子草，至於檸檬香茅和白茅莖都非常短，鋪在地面上，莖的節間都不到 1 公分。
- (四)包著莖的葉鞘長和節間長度有關，節間長，葉鞘也比較長，葉鞘最長的是象草，其次是甜根子草，檸檬香茅和白茅則沒有葉鞘。
- (五) 葉長最長的是白茅，葉寬最寬的是象草。
- (六)蓋茅草屋頂選擇長又寬的可以節省時間，選擇支撐力好的比較堅固，綜合這三點，白茅草是最佳的選擇，我們相信先民的選擇是有其道理的。
- (七)白茅草的隔熱效果是這四種草中最好的，它的隔熱效果甚至可以高到內外溫差 15 度，也就是說如果外面有 35 度的話，屋內的溫度差不多 20 幾度，所以在這樣子的屋頂之下，甚至可以不需要吹冷氣就很涼快了。
- (八)茅草屋頂都有很好的隔熱效果(溫差 5-15°C)，所以用茅草來蓋屋頂其實是蠻環保的一種選擇，可以減少冷氣的使用，進而減少二氧化碳的排放，減緩溫室效應，所以使用茅草屋頂應該可算是一種綠建築，在降低地球暖化上是可以貢獻的環保材質。
- (九)檸檬香茅的第一滴水是最慢滴下來的，白茅次之。
- (十)白茅 5 分鐘滴下的水量最少，推測其防水效果最好。
- (十一)不同的覆蓋方式，發現第一滴水滴下的時間白茅草並不是最久的，但是也不差；5 分鐘滴下來的水量白茅草在平均來講是最好的，第二名是甜根子草。
- (十二)至於排列覆蓋的方式白茅和甜根子草都和象草跟檸檬香茅相反，白茅和甜根子草是由上往下排列的第一滴水的時間比較久，但是 5 分鐘落下來的水量比較多，象草和檸檬香茅剛好相反。
- (十三)以白茅草蓋屋頂而言，排列方式是以由下往上排列的漏的水量比較少。
- (十四)茅草在經過雨淋日曬之後，防漏和支撐力都變差了，尤其白茅草在第一滴水滴下來的時間和 5 分鐘漏下來的水量變得最差，檸檬香茅反而成為最好的。
- (十五)在過雨淋日曬之後，支撐重量都變低的情況下，還是白茅草的支撐重最好而且支撐力是其他茅草的將近三倍，所以如果就支撐力來說還是使用白茅草來蓋屋頂是最好的選擇。

柒、參考文獻

(一)白茅，維基百科

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%99%BD%E8%8C%85>

(二)象草，維基百科、認識植物

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%B1%A1%E8%8D%89>、

<http://kplant.biodiv.tw/%E8%B1%A1%E8%8D%89/%E8%B1%A1%E8%8D%89.htm>

(三)檸檬香茅，維基百科

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%9F%A0%E6%AA%AC%E8%8D%89>

(四)甜根子草，維基百科

<https://zh.wikipedia.org/zh->

[tw/%E7%94%9C%E6%A0%B9%E5%AD%90%E8%8D%89](https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%94%9C%E6%A0%B9%E5%AD%90%E8%8D%89)

(五)台灣原住民族資料資訊網

https://www.tipp.org.tw/news_article.asp?F_ID=43062&FT_No=1

(六)疏而不漏-鄒族傳統屋頂防水探究/嘉義縣新美國小/111 學年度原住民族文化科教

獎-第十四屆原住民族雲端科展

(七)穀倉科學，建築泰雅/111 學年度原住民族文化科教獎-第十四屆原住民族雲端科

展 /作者:江永婕、吳依姍、曹若芯、游芮、官薇