

# 屏東縣第 60 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生 物

組 別：國小組

作品名稱：恆春三寶之一——那些瓊麻告訴我的事

關 鍵 詞：瓊麻、繩索、拉力測試

編號：

製作說明：

1. 說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
2. 編號：由承辦學校統一編列。
3. 封面編排由參展作者自行設計。



## 恆春三寶之一——那些瓊麻告訴我的事

### 摘要

恆春鎮曾經是全臺瓊麻工業的重鎮。滿山遍野的瓊麻創造許多的就業機會，有句俗諺說：「瓊麻抽絲起高樓」，詳實記載著當年的經濟盛況。人造纖維出現以後，瓊麻繩漸漸被尼龍繩取代。時至今日，恆春半島只有「瓊麻工業歷史展示區」，記錄瓊麻過往的身影，連製繩(瓊麻繩、黃麻)的產業也逐漸消失。我們透過親身體驗，動手操作，從採葉、取纖、清洗、曝曬、撚繩、編繩的過程，重新認識長輩們口中曾深深影響人們生活的「瓊麻」植物。

### 壹、研究動機

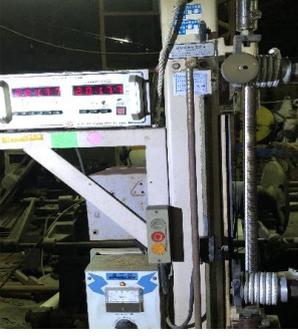
自然課上到「植物世界面面觀」的單元時，老師提到恆春瓊麻，「葉肥厚有革質，葉前端有剛硬的尖刺，花莖自葉叢中抽出，約有兩層樓高」。我們幾個好朋友與老師相約，利用假日前往瓊麻工業園區參觀，一部部老舊的機器靜靜的在園區內沉睡，我們看不出它曾經的輝煌，他也無法向我們訴說往日在恆春創造過的經濟神話。

藝文老師說有興趣的話，幫我們和家中的長輩約時間，可以親自請教當年曾種植過瓊麻的爺爺；同學小秉說，多年前他父親曾在瓊麻工業歷史展示區工作，可以請他來解說；老師還幫我們找到恆春僅存的一家傳統的製繩工廠（繩子的原料是植物纖維—瓊麻與黃麻，而非化學纖維），工廠的老闆同意讓我們參觀與諮詢，於是促成這次研究。我們還親自動手做，從取纖、清洗、曝曬、撚線，自己完成一條瓊麻繩。

### 貳、研究目的

- 一、 如何從肥厚的葉子中取出植物纖維？
- 二、 植物纖維如何變成一條繩索？
- 三、 植物纖維（瓊麻、黃麻）製成的繩索，與化學纖維（童軍繩、紅色塑膠繩）製成的繩索拉力測試與比較，哪一種纖維的拉力比較大？

## 參、研究設備及器材

			
香蕉刀	瓊麻葉	木棍與木板	電子式游標卡尺
			
瓊麻繩	黃麻繩	童軍繩	紅色塑膠繩
			
塑膠杯	飲用水	地下水	海水
			
拉力機	尺	棉繩	尼龍繩

## 肆、研究過程或方法

### 一、刮葉取纖

#### (一) 認識瓊麻

1. 龍舌蘭屬（Agave）的單子葉植物。
2. 葉的外觀：葉子的排列方式是屬於「叢生」（如圖 1）。在開花前，一株瓊麻通常可以產生葉約 200~250 枚。葉的外形筆直的像一把劍，肉質肥厚（如圖 2），摸起來又厚又硬，還要小心葉子頂端的刺（如圖 3），雖然只有一根，長度約 2~3 公分，但是被刺戳到時，真的會痛得哀哀叫。葉緣有許多小小的、紅褐色、又粗又硬的刺；葉長約 80~150 公分，最長可以達 2 公尺，葉子中間最寬處約 10~15 公分，表面凹、背面凸，葉緣有一些短小的刺（如圖 4）。



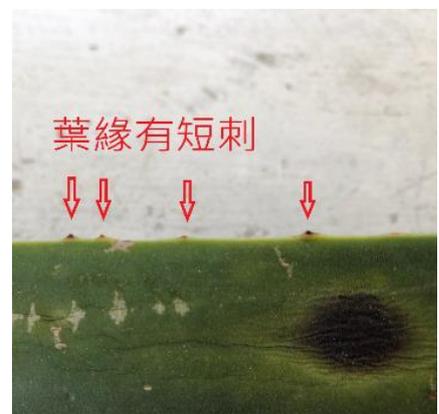
▲ 圖 1 葉的排序—叢生



▲ 圖 2 肉質肥厚



▲ 圖 3 葉頂端有硬刺



▲ 圖 4 葉緣有短刺

3. 花：花葶的高度約 5~10 公尺（如圖 5），頂端的圓錐花序（如圖 6），花被呈現筒漏斗形（如圖 7），顏色淡黃白色，先端 6 裂，雄蕊 6 枚，子房下面在開花之後，花萼逐漸發育膨大，形成叢生珠芽，是用來繁殖的種苗。



▲ 圖 5 花葶高 5~10m    ▲ 圖 6 圓錐花序    ▲ 圖 7 花被筒漏斗形

4. 果實：蒴果長圓形，種子扁平，黑色。
5. 花期：夏、秋間，果期是在秋至翌年春天。瓊麻開花年限因為環境條件、栽培技術而有不同。在正常情況下，一般 6~7 年生的植株便可以開花，花期多發生在夏秋之間；若生長不良，花期也可能延後，開花和長出珠芽後，植株便死亡，通常開花後不能正常結果實，靠生長大量的珠芽進行繁殖。
6. 原產地：原產於美洲熱帶地區。臺灣於 1900 年~1904 年間分別從墨西哥、夏威夷等地引進。
7. 瓊麻工業的興衰：瓊麻的植物纖維豐富且不吸水，是製作船上纜繩的好材料。在 50 年代，瓊麻曾是恆春半島最重要的經濟作物，滿山遍野都在栽種瓊麻，恆春半島西半部（從恆春到車城一帶），居民大都從事抽麻、曬麻的工作，瓊麻纖維曾為國家賺取可觀的外匯。直到尼龍繩出現，逐漸被取代，產業也消失。

## (二) 尋找野生瓊麻

為了找尋曾經遍布整個恆春半島的瓊麻，我們詢問同學或親朋好友，看哪裡還有野生瓊麻可以採摘葉片？有人說白沙灣的海邊可以發現它的蹤跡，也有人說白砂古山宮的海邊旁的礁石有植株。但是，我們親自到現場找尋，都沒發現野生瓊麻的蹤跡，路邊偶爾可以看到是葉型美觀但多刺的皇冠龍舌蘭（如圖 8），大多種在民宿庭院供觀賞。



▲ 圖 8 皇冠龍舌蘭

後來，藝文老師的爺爺騎車去晃的時候，終於幫我們找到了幾片瓊麻葉，但是實在太小了，於是請教在墾丁國家公園管理處的小秉爸爸，他告訴我們一個很棒的地方，那就是「瓊麻工業園區」，並幫我們跟園區要一些葉片讓我們可以做為實驗的材料。當天瓊麻館的叔叔很熱心的指導我們如何使用香蕉刀（如圖 9）來割瓊麻葉。



▲ 圖 9-1 管理員叔叔指導如何使用香蕉刀



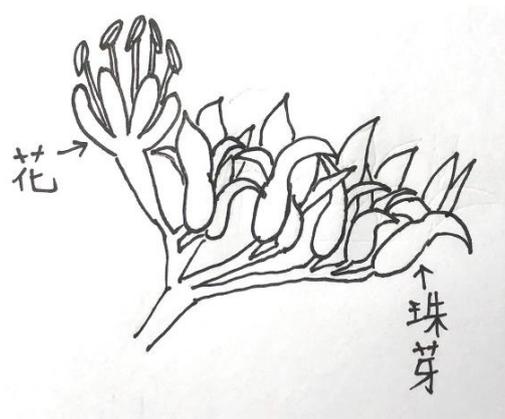
▲ 圖 9-2 動手割瓊麻葉

### (三) 瓊麻的繁殖方式

瓊麻的繁殖方式不是我們一般所知道的種子，而是用「根芽」或「珠芽」。根芽是從母株根部附近竄出（如圖 10）。珠芽則是長在瘦長花軸上的花腋中（如圖 11），每株約有珠芽五、六百個。雖然有這麼多的芽，但是在恆春半島上，它不是強勢植物，如果不是人為刻意栽種，它容易被其他的植物欺負，不容易生存下來，難怪我們在海岸邊一直找不到它的蹤影。



▲ 圖 10 根芽



▲ 圖 11 珠芽

### (四) 常見的瓊麻品種

1. 白葉瓊麻（如圖 12）葉白邊緣有刺（如圖 13），纖維質較差，當年在金門或馬祖等離島地區種植，具有反空降，阻止敵軍前進的軍事功能。
2. 綠葉瓊麻：綠葉瓊麻纖維的品質比較優，是以前製作繩索和魚網的主要材料。因此，過去被大量種植，用來採取裡面的纖維。



▲ 圖 12 白葉瓊麻



▲ 圖 13 白葉瓊麻邊緣的刺

## (五) 手工刮除瓊麻葉肉

將肥厚的葉肉先用木棍敲平、敲軟(如圖 14)，再把葉片放在傾斜的木板上，葉子尖端朝下，從葉子的長度一半開始往下刮(如圖 15)，方向一律由上往下，不可來回刮。上半段刮除葉肉(如圖 16)，露出纖維之後，用夾子夾在木板頂端，再繼續刮除另一半的葉肉(如圖 17)。因為葉片表面凹、背面凸，不容易平貼在木板上，可以敲軟葉肉後，從中縱向撕開，先刮半邊葉片。



▲ 圖 14 用木棍把葉子敲平、敲軟



▲ 圖 15 先刮一端



▲ 圖 16 刮除葉表格質與葉肉



▲ 圖 17 再刮另一端

## (六) 機器採纖

1. 田間人工採纖機：農家在田間將採收葉片就地放入小型機器輾壓，去除葉肉，留下纖維。但常有人不小心讓手掌捲入機器，送醫後截斷手掌。
2. 工廠自動化採纖機（如圖 18）：利用軌道台車，把一整捆一整捆的瓊麻葉運送到工廠機檯邊，工作人員將葉子一片片平鋪在輸送帶上（如圖 19）。採纖機上有水，可沖洗刮除葉肉後的纖維，機器旁的水道將廢水排出（如圖 20），纖維則放入脫水機（如圖 21）脫水。脫完水的纖維再放到晒麻場（如圖 22）的鐵絲架上曬乾（如圖 23）。



▲ 圖 18 自動化採纖機



▲ 圖 19 模型示範工人將葉片放上輸送帶



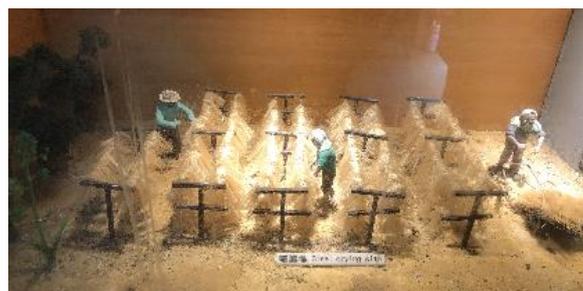
▲ 圖 20 廢水排水道



▲ 圖 21 脫水機



▲ 圖 22 晒麻場



▲ 圖 23 模型示範工人晒麻的情形

## 二、製成繩索

### (一) 梳麻

晒乾的纖維收下來之後，集中存放於儲存槽（如圖 24），打包成網備用。梳麻時，將成捆的纖維放在梳麻機旁，抓出一把把凌亂的纖維（如圖 25）放到有許多釘梳的機器上，機器轉動的拉力將一坨打結的纖維像梳子一樣，可以將纖維梳開並拉直（如圖 26），原本 80~150 公分長的纖維重疊放置，就能把纖維的長度接長（如圖 27）。



▲ 圖 24 纖維打包儲存 ▲ 圖 25 取出凌亂的纖維 ▲ 圖 26 釘梳將纖維梳開拉直



▲ 圖 27 型示範梳麻機運作情形

## (二) 撚絲

將蓬鬆的纖維撚緊，纏繞成一捲一捲的線備用。依據顧客的需求，製造的繩索粗細。一開始梳麻時就先決定梳麻機的大小，接著撚線就能撚出不同粗細的線（如圖 28）。



▲ 圖 28 模型示範撚線機運作情形

## (三) 製繩

將成捲的麻線放置在製繩機上，最常見的是三股繩，三捆軸線循環轉動，另一端將製成的繩索捲起，整顆線軸的三股繩就完成（如圖 29）。參觀工廠時，實際看到製繩的運作情形（如圖 30）。



▲ 圖 29 模型示範製繩機製繩的情況



▲ 圖 30 製繩影片

#### (四) 手工製繩

##### 1. 撚線

手工刮除葉肉的纖維要先洗乾淨，曬乾後顏色變得比較白（如圖 31）。撚線時先取出適量的纖維一束（如圖 32），依照製作的繩索粗細來決定。接著將纖維重疊加長，重疊的部分先搓緊實（如圖 33）。將整束加長的纖維放在大腿上，由大腿往膝蓋方向搓，要保持同一方向（如圖 34），不可來回搓（如圖 35）。



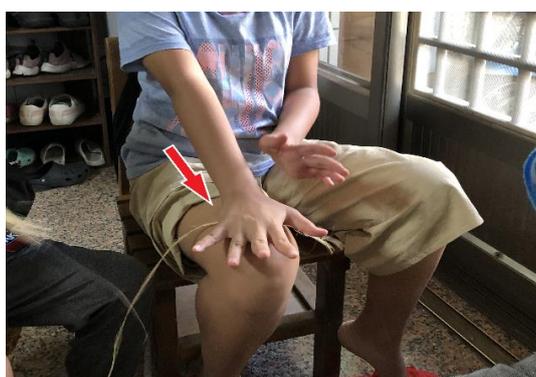
▲ 圖 31 洗淨曬乾的纖維與沒洗過的和老舊的纖維比較



▲ 圖 32 取出適量的纖維



▲ 圖 33 重疊處搓緊實



▲ 圖 34 將整束纖維依同一方向搓緊



▲ 圖 35 撚繩影片

## 2. 搓成二股繩

將撚好的線對折（如圖 36），先打個結，防止鬆脫（如圖 37）。接著將對折後的雙線放大腿上，左手捏緊打結處，右手由大腿往膝蓋方向搓（如圖 38），搓到膝蓋處左手也要稍稍放鬆，讓雙股繩稍微旋轉，接下來重複搓與放的動作，一條雙股繩就完成了（如圖 39）（如圖 40）。



▲ 圖 36 把撚好的線對折



▲ 圖 37 先打一個結防止鬆脫



▲ 圖 38 將兩股線同一方向往前搓



▲ 圖 39 完成手工雙股繩



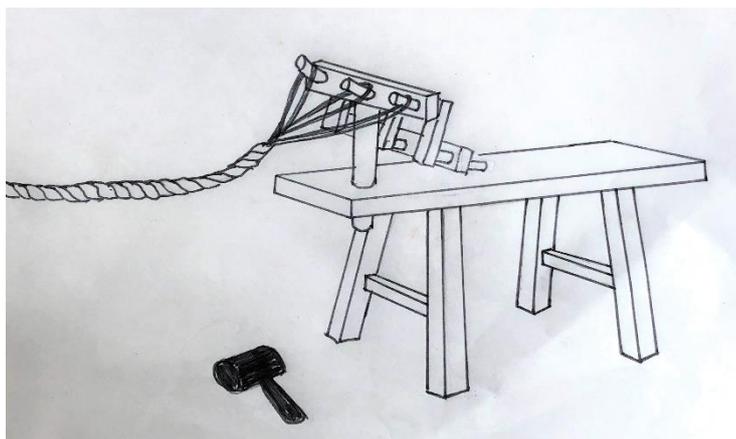
▲ 圖 40-1 搓雙股繩的影片



▲ 圖 40-2 搓雙股繩的影片

### 3. 早期農村手工三股繩

爺爺提到早期農村家家戶戶幾乎都有木製打繩機，需要打草繩或麻繩就拿出來固定在長板凳上，三個人同心協力，一個人坐在長板凳上轉動把手，一人用工具把轉動的三股線撐開，要撐開還得另一人用木槌敲著撐開的工具，邊敲邊移動，就能打出堅固的三股繩（如圖 41）（如圖 42）。



▲ 圖 41 早期農村的木製打繩機



▲ 圖 42 手工三股繩影片

## 三、 拉力測試

### (一) 延展性測試

1. 準備 80 公分長的「有油瓊麻」、「無油瓊麻」、「黃麻」和「童軍繩」各一條，在繩子上畫上 10 公分長的記號（如圖 43），把繩子綁上 6000ml 的礦泉水瓶，繫在木棍上（如圖 44）。3 個小時後測量原先做上記號的 10 公分線段，看看長度是否有改變。

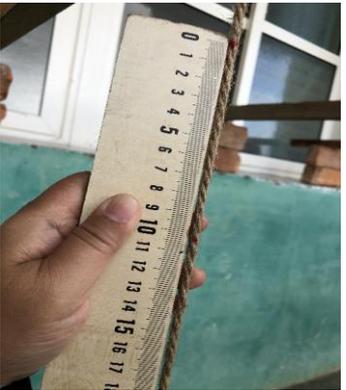


▲ 圖 43 在線上做記號



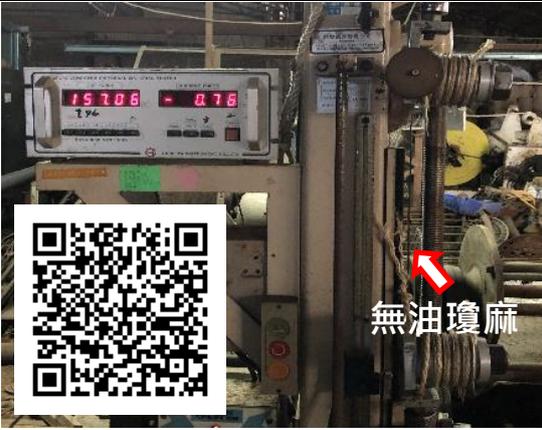
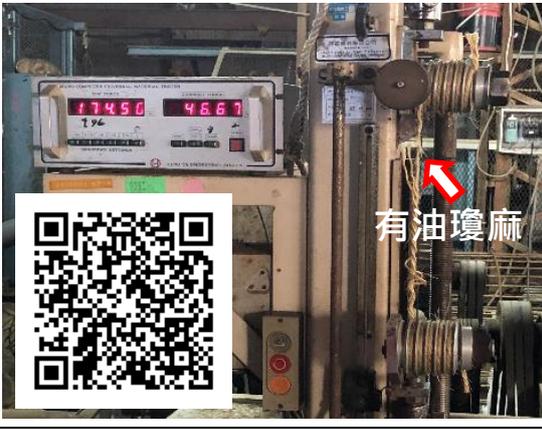
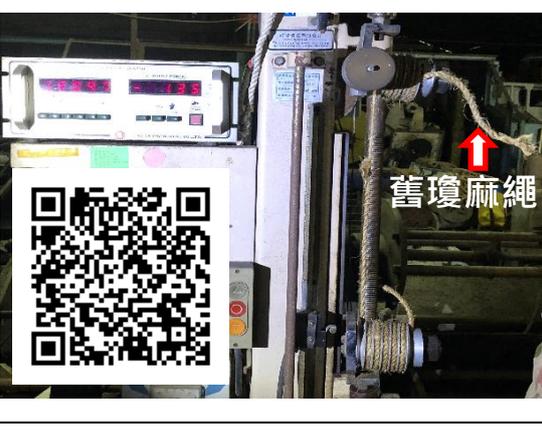
▲ 圖 44 繫上水瓶懸掛在木棍上

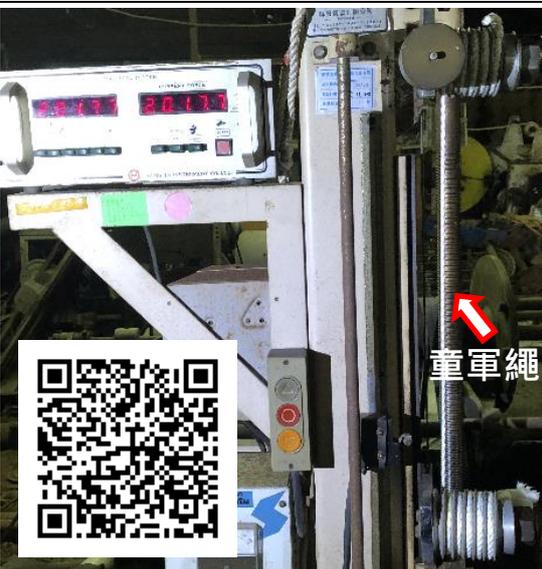
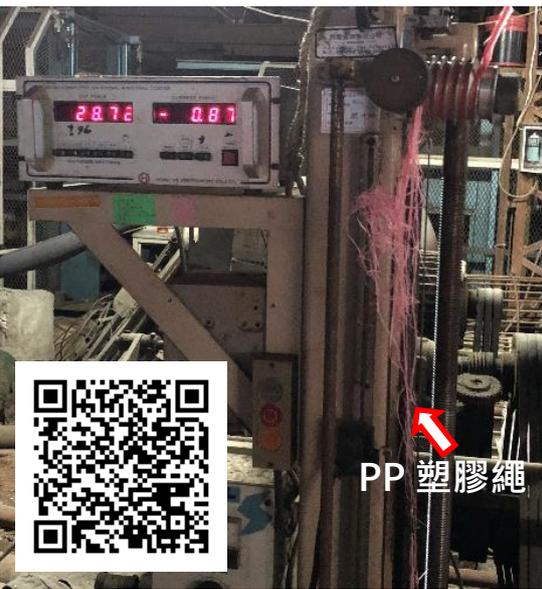
2. 3 小時後長度變化情形：

名稱	變化情形	長度增減
無油瓊麻	 <p>10cm→10cm</p>	± 0cm
有油瓊麻	 <p>10cm→10cm</p>	± 0cm
黃麻	 <p>10cm→10.4cm</p>	+0.4cm
童軍繩	 <p>10cm→11.5cm</p>	+1.5cm

## (二) 拉力測試

- 將植物纖維製成的瓊麻和黃麻，與聚脂纖維（Polyester）製成的童軍繩和一般網綁用的紅色 PP 塑膠繩（Polypropylene），分別放到拉力測試機上測試。繩子的一端先纏繞在機器頂端，鎖緊螺絲。另一端繞在機器下面，鎖好螺絲再剪斷繩子。測試用繩索約需 100 公分長。六年級老師給我們他收藏多年的舊瓊麻繩也順便拿來測試。
- 拉力測試結果：

名稱	直徑	最大拉力	公斤	排序
無油瓊麻	4mm		157.06kg	3
有油瓊麻	4mm		174.50kg	2
儲存多年的 舊瓊麻繩	4mm		150.97kg	4

名稱	直徑	最大拉力	公斤	排序
黃麻	4mm		106.62kg	5
童軍繩	4mm		201.77kg	1
PP 塑膠繩	4mm		28.72kg	6

## 伍、研究結果

- 一、 利用外力輾壓，不管是機器或是木棍，讓瓊麻葉肉與纖維分離，柔軟的葉肉部分去除，就能留下堅韌的纖維。
- 二、 植物纖維不管是取自葉或莖，長度都不長。利用重疊與外力的方式，將線撚過後，可增加長度，一直疊加，製成長長的線。
- 三、 拉力測驗結果：童軍繩 > 有油瓊麻繩 > 無油瓊麻繩 > 老舊瓊麻繩 > 黃麻繩 > PP 繩。

## 陸、討論

### 一、 關於手工刮瓊麻葉

#### (一) 瓊麻汁液噴到皮膚會發癢

一開始皮膚有一點癢，約 10 分鐘後開始受不了想動手抓，抓過的地方會紅紅的，但還是很癢，不會因為抓了而有舒緩的感覺。直到放學回家洗完澡後，才漸漸不癢。第二天再刮，我們就先套上手套，才開始實驗（如圖 45）（如圖 46）。



▲ 圖 45 套上手套再刮



▲ 圖 46 清洗纖維也要戴手套

經查閱資料，發現龍舌蘭屬植物葉中的汁液含多種「甾體皂甙」帶有毒性，會刺激皮膚產生灼熱感、發癢、出紅疹，甚至產生水泡，若長期誤食則會產生厭食、呆滯、四肢麻痺症狀，並造成胃及肝臟的傷害，嚴重可導致死亡，對眼睛也會造成傷害，所以製作過程中要特別小心。早年恆春地區在製麻時，會將麻渣與麻汁排入海洋，造成附近海域的珊瑚白化，有環境污染的疑慮。

## (二) 刮除葉肉的方向

刮除葉肉千萬不要來回刮（如圖 47），要往同一個方向刮過去。每刮一次，就要抬起棍子，再從原來的起點再刮過去（如圖 48）。不然纖維會容易斷掉，變得亂七八糟。



▲ 圖 47 斷掉的纖維亂七八糟



▲ 圖 48 同方向刮纖維較完整

## 二、關於手工撚繩

### (一) 利用皮膚的摩擦力

要穿短褲讓大腿露出來，在皮膚上用力推才能把線撚得緊實。穿著長褲，在褲子的布料上撚線，纖維會滑動，不容易撚成線。不過也因為在腿上施力摩擦，大腿會磨得紅紅的（如圖 49），差點兒脫皮。



▲ 圖 49 撚線讓大腿磨得紅紅的

### (二) 撚線技巧

撚線時，兩股線同方向自轉，同時又交疊，右手推著線往前，到膝蓋停止時，左手稍微放鬆，交疊的線會向身體的方向迴轉，這時左手再捏緊，捏緊時的位置要往右邊移動。

一開始我們左手捏得緊緊的，右手推到底後再重推，卻不見繩子持續交疊，後來再請爺爺示範，終於觀察到左手要適時放鬆，移動位置再捏緊，兩股線受到向前與向後的力量，才能像擰毛巾一樣旋緊。

### 三、關於拉力測試

#### (一) 瓊麻纖維泡海水

瓊麻纖維適合當船纜繩，讓我們好奇，如果將它泡在海水裡，拉力測試結果又會如何。於是我們將瓊麻、黃麻、童軍繩分別泡在海水（如圖 50）、地下水（如圖 51）、飲用水（如圖 52）裡。



▲ 圖 50 泡海水

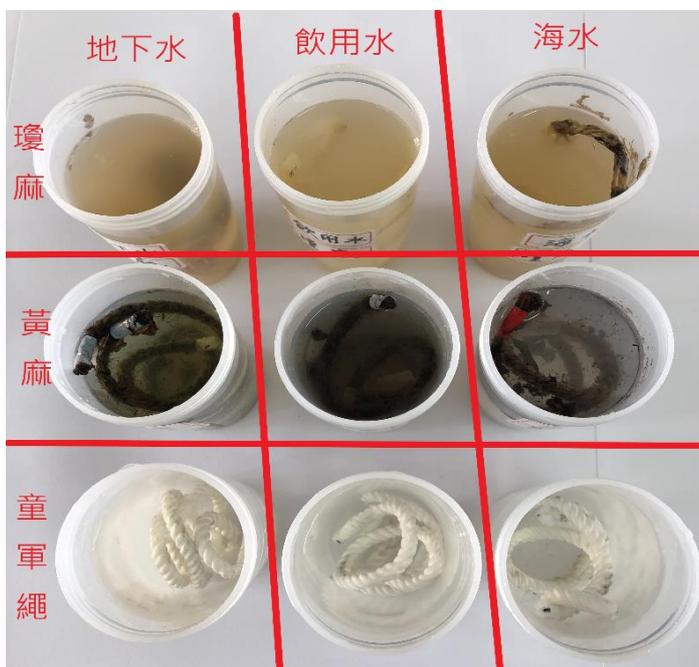


▲ 圖 51 泡地下水



▲ 圖 52 泡飲用水

浸泡五週後，外觀變化如下（如圖 53），除了童軍繩那三杯之外，其他六杯的液面有些許漂浮物（如圖 54），水的顏色也變混濁。

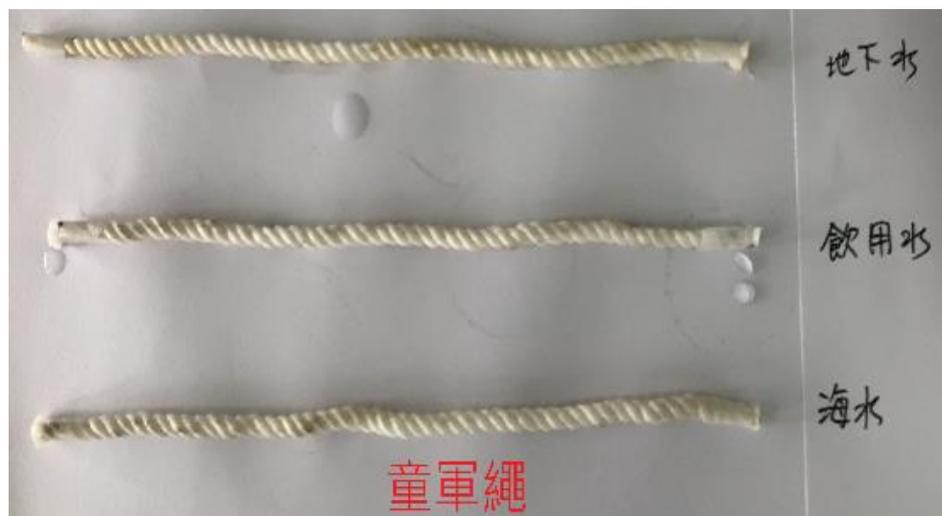


▲ 圖 53 泡 5 週後水的狀態



▲ 圖 54 液面有一層漂浮物

可惜的是繩子太短，我們只剪下 30 公分長來浸泡，沒辦法上到拉力機測試拉力，僅能就外表觀察。



## (二) 有油瓊麻繩與無油瓊麻繩泡海水與地下水的實驗

這個實驗本想了解「撚線時有上油的瓊麻繩」和「撚線時沒上油的瓊麻繩」泡在海水與淡水中（如圖 55）對繩子拉力有沒有影響，同樣也是因為一開始繩子只剪了 30 公分，沒辦法上到工廠的拉力機做測試，如果一開始先問清楚拉力測試機的操作方式與需要長度，就可以透過實驗來解答我們的疑惑了，實在很可惜。因此，我們只能觀察到外表的情形與液體的顏色變化。未泡水前，從外觀看起來，無油瓊麻繩纖維較毛躁，有油瓊麻繩纖維較服貼。



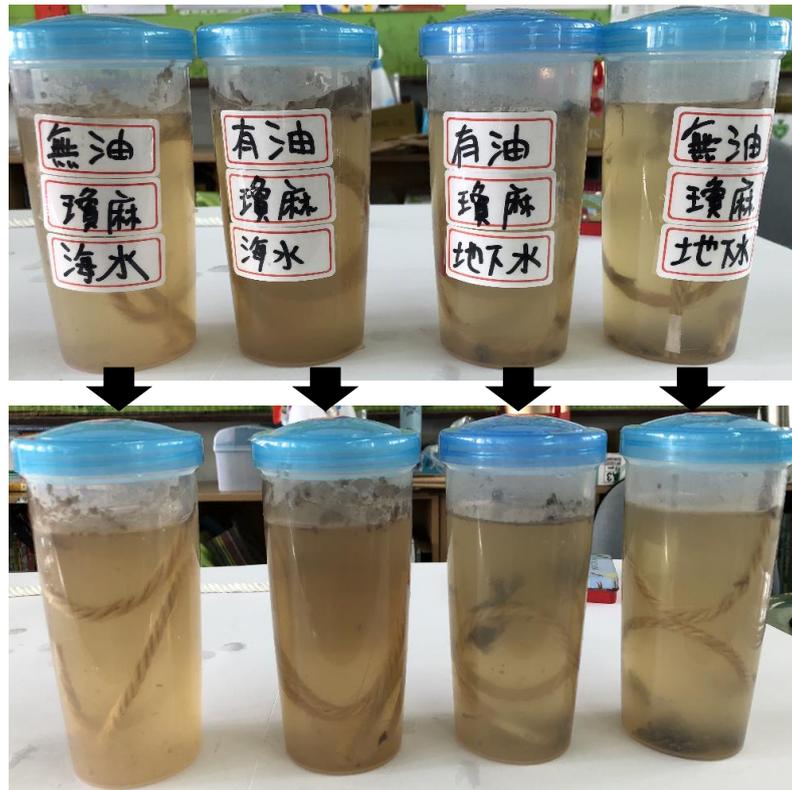
▲ 圖 55 無油瓊麻繩纖維較毛躁

接著將它們分別泡在海水與淡水（地下水）裡（圖 56），經過 5 週後取出發現：

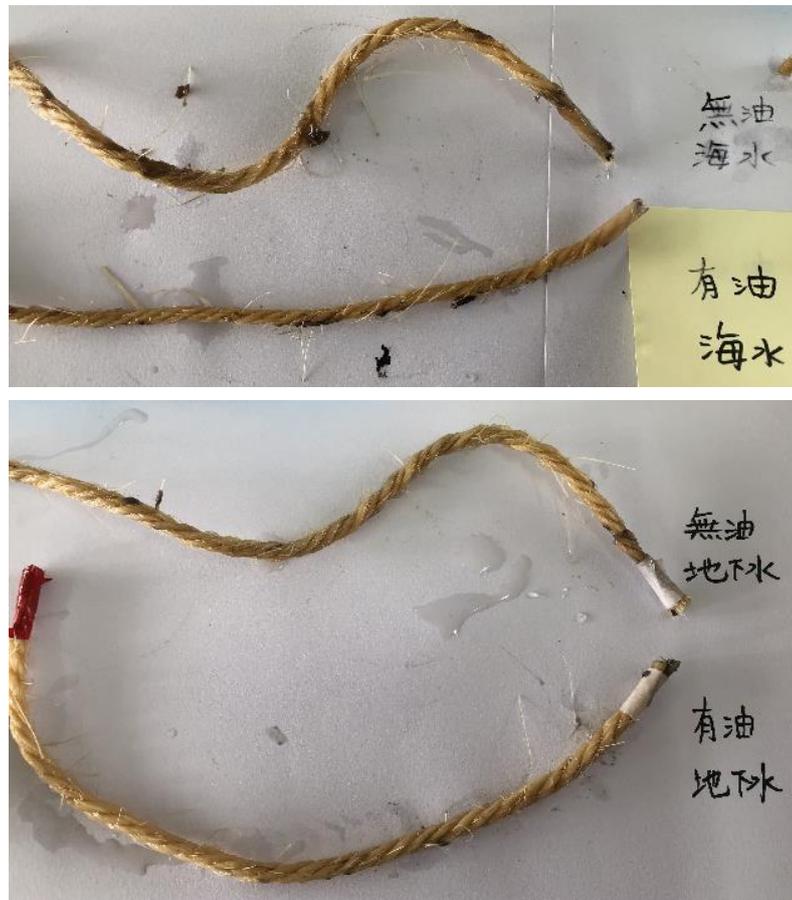
1. 泡海水的瓊麻繩液面的漂浮物比泡地下水的多（如圖 57）。
2. 原本較不毛躁的有油瓊麻也變毛躁，纖維往外伸出（圖 58）。



▲ 圖 56 將有油與無油的瓊麻繩分別泡在海水與地下水



▲ 圖 57 泡水 5 週後的情形



▲ 圖 58 泡水後原本有油的纖維都往外伸出

### (三) 拉力測試前的預測

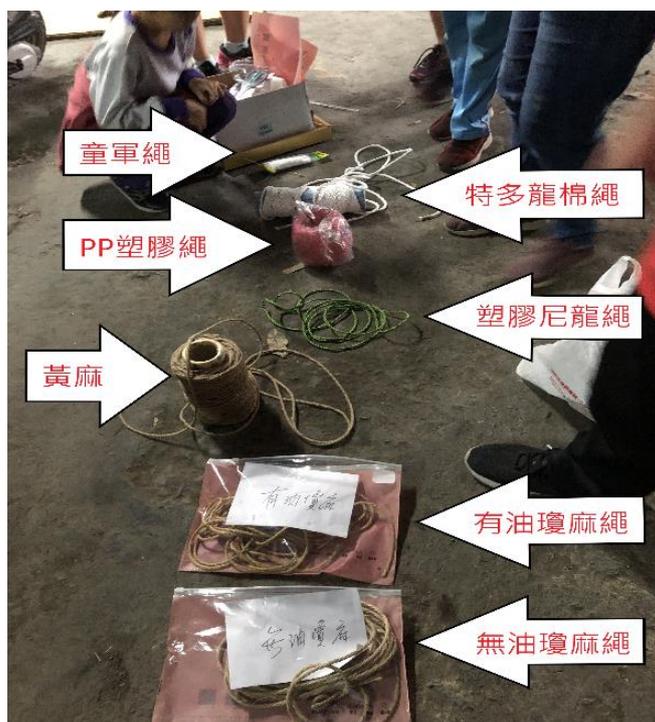
在測試前我們先進行小小的猜測，每個人都有自己心中拉力由強到弱的排序，共同點是大家都認為童軍繩應該很弱，因為它摸起來很軟。延展測試時，它也被拉長了 1.5 公分，沒想到實際測試結果顯示，它竟然是最強的，可以加到 201.77 公斤的拉力才被扯斷，真是「繩」不可貌相啊！

### (四) 瓊麻繩放久了會影響拉力

六年級的老師看我們辛苦的刮瓊麻纖維，送給我們他收藏多年的瓊麻繩與瓊麻纖維。進行拉力測試前最多人猜舊繩子最強，但它排第四，輸給童軍繩和新的瓊麻繩（有油和無油），只贏過黃麻繩和 PP 塑膠繩。

### (五) 拉力機拉力上限 200 公斤的限制

我們原先還準備了兩種人造纖維——塑膠尼龍繩和特多龍棉繩（圖 59），想與植物纖維來較量。但叔叔說他工廠拉力機的上限是 200 公斤，人造纖維通常要到 700 公斤才會拉斷，怕機器一直轉，拉不斷反而過熱故障，所以沒有測試尼龍繩與特多龍棉繩。但繩子達人叔叔的解說，也讓我們了解到瓊麻為什麼會被人造纖維取代了。



▲ 圖 59 準備多種繩索進行拉力測試

## 柒、結論

不管是用人力或是機器，透過外力輾壓，瓊麻葉肉被去除後，留下堅韌的纖維。將纖維透過撚線的動作變得更紮實，同時也把長度加長製成線。之後再加上編繩的動作，讓堅韌的線緊緊的結合，形成更堅固耐用的繩索。恆春鎮過去曾經是全台瓊麻工業的重鎮。人造纖維出現以後，在成本、生產速度與耐用度上都勝過瓊麻繩，瓊麻繩漸漸被尼龍繩取代，「瓊麻抽絲起高樓」的致富傳說消失，但是瓊麻工業對恆春半島已留下深遠的影響。



我們前往小秉爸爸推薦的瓊麻工業歷史展示區，親眼看見瓊麻的長相，瞭解它過往的歷史。



恆春僅存的一家傳統製繩場，非常感謝老闆願意讓我們製繩的過程，不同繩子粗細的編法。



感謝瓊麻館的叔叔願意讓我們割下瓊麻葉，並帶我們介紹園區，告訴我們瓊麻的過往歷史。



感謝藝文老師的爺爺，教導我們如何將一絲一絲的瓊麻如何撚繩、編繩，沒有想像的容易。

## 捌、參考資料及其他

田代安定（1914）· 內地出張復命書第一綴 植物性纖維ノツ · 臺灣大學深化臺灣研究核心典藏數位化計畫 · 取自 <https://reurl.cc/exvY1K>

自然與生活科技（2019）· 植物世界面面觀 · 新北市：康軒文教集團

李育珊、李虹玫、林廷恩（2018）· 恆春瓊麻產業興衰之研究 · 恆春工商 · 取自 <https://www.shs.edu.tw/works/essay/2018/10/2018101121490712.pdf>

胡金印（2002）· 恆春瓊麻產業的興衰、轉型與影響 · 屏東文獻，6，16-46

特有生物教育研究中心（2020）· 瓊麻 · 台灣野生植物資料庫 · 取自 <http://plant.tesri.gov.tw/plant100/WebPlantDetail.aspx?tno=612001140> 特有生物研究保育中心

高雄市客家文物館（1914）· 打繩機 · 中央研究院數位文化中心 · 取自 <https://catalog.digitalarchives.tw/item/00/66/7d/7b.html>

陳玉峯（1985）· 墾丁國家公園海岸植被 · 臺北市：墾丁國家公園管理處

維基百科（2011）· 龍舌蘭屬 · 取自 <https://reurl.cc/oLzGOj>

墾丁國家公園（2010）· 瓊麻的生態與價值 · 臺北市：墾丁國家公園管理處 · 取自 [http://www.ktnp.gov.tw/upload/dnBook/20100428\\_143434.51664.pdf](http://www.ktnp.gov.tw/upload/dnBook/20100428_143434.51664.pdf)