

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學科

佳作

030816

空氣中的海綿寶寶

—絲蘿吸水特性的研究與應用

學校名稱：新北市立義學國民中學

作者： 國二 劉子銘 國二 連士權 國二 洪承綱	指導老師： 陳又君 陳俊仁
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：絲蘿、鱗片、仿生織物

摘要

本研究在了解絲蘿適應空中棲地的結構，從而應用於仿生織物。絲蘿葉片佈滿鱗片，鱗片的排列及其上的紋路有利毛細現象導水至中央的輸水孔，此導流性質使水分可快速傳遞並吸收。絲蘿烘乾之後，降低76%含水率，更能吸收水蒸氣，而鱗片排列略變紊亂，有助於短暫防水及橫向擴散水分。

評估烘乾絲蘿作為仿生衣物的優劣，發現其吸水力僅略低於具特殊織法的排汗衫13%，但因適當的多孔排列，排水力反而較佳；鱗片為纖維質，具親水性，能吸附較多氨水及亞甲基藍，具除臭效果；排列所形成的多孔效應，使易散熱，再以凹面鏡造型，使具抗輻射能力，可使身體涼爽。棉線也是纖維質材質，但缺乏導流及抗熱效果，若能應用鱗片結構及排列，將有助天然排汗衫的研發。

壹、研究動機

在一次參觀花店時，看到店門口一些吊掛在空中的植物叫「絲蘿」，是空氣鳳梨的一種，沒有種在土壤裡面，讓我們覺得很好奇，一般的植物不是都用根吸收水分的嗎？網路上甚至傳言說他不用澆水，可以直接吸收空氣中的水分，難道這種葉子可以吸水嗎？我們想進一步了解它究竟是如何獲得水分的。

貳、研究目的

- 一、觀察絲蘿的顯微構造與其吸水構造
- 二、了解絲蘿吸水的機制與原理
- 三、評估絲蘿仿生結構，作為布料結構的效果，以為設計應用之參考

參、研究設備與器材

絲蘿 (空氣鳳梨)	雄獅牌紅墨水 10%	培養皿	密封箱	小罐子	極細鑷子
棉線	試管	滴管	量筒	燒杯	移液滴管
攝影燈 (PRF300 WF)	氨水	比色管	ImageJ 軟體	酚酞	錐形瓶
蒸氣機霧化粒子大小 0.5~5um	微量滴管 (0.1ml~0.01ml) (0.02ml~0.1ml)	溼度計 (TH-05A)(升超有限公司)	複式顯微鏡 解剖顯微鏡 顯微攝影機 Motic DinoCapture	Motic Image Plus2.0	電子秤(JADEVER GC-600 600g*0.1g)、 (ELECTRONIC SOALE 300g*0.001g)
亞甲基藍 0.01g 加水至 1250ml	分光光度器 (SP-830 PLUS)	SigmaPlot11 .0	毛細管 (1.8x9mm)	酚酞配法：1 克酚酞粉末加 40cc 的酒精，在加 120cc 的蒸餾水，攪拌均勻	

肆、研究過程或方法

一、絲蘚植物介紹

它是一種附生植物，生長在其他植物，但不依賴於寄主植物的營養物質。他用長而細的葉片環繞寄主植物。葉片表面覆蓋許多杯子狀的鱗片可吸水，這種補捉水分的功能允許絲蘚承受長時間的乾旱。極端乾旱時絲蘚會休眠，直到有水分時才停止休眠。

取自：University of Florida. http://www.sfrc.ufl.edu/4h/Spanish_moss/spanmoss.htm

二、特徵觀察

(一)使用解剖顯微鏡觀察新鮮絲蘚及烘乾絲蘚的葉片，並拍下其特徵

(二)使用顯微鏡觀察鱗片

- 1.找一片新鮮絲蘚及烘乾絲蘚的葉片
- 2.利用小鑷子將一片鱗片拔下來
- 3.將一小滴水滴在蓋玻片上，並把鱗片置於小水滴內
- 4.蓋上蓋玻片，將鱗片置於顯微鏡下觀察並拍照

三、了解絲蘚吸水的機制

(一)絲蘚吸水途徑觀察

1.有鱗片葉片吸水途徑觀察

- (1)取新鮮絲蘚及烘乾絲蘚，
- (2)在顯微攝影機下滴下水
- (3)錄影並觀察結果

2.無鱗片葉片吸水途徑觀察

- (1)取新鮮絲蘚及烘乾絲蘚分別以膠帶除去外表鱗片
- (2)在顯微攝影機下滴下紅墨水
- (3)觀察方法同上

(二)觀察絲蘿吸收密閉空間溼度的能力

1. 比較新鮮絲蘿與烘乾絲蘿除溼的能力

- (1)備置高溼度容器：裝一杯水放置在容器中使溼度達到飽和
- (2)將新鮮絲蘿及烘乾絲蘿放入高溼度容器中
- (3)每隔十分鐘計一次溼度變化
- (4)紀錄一小時



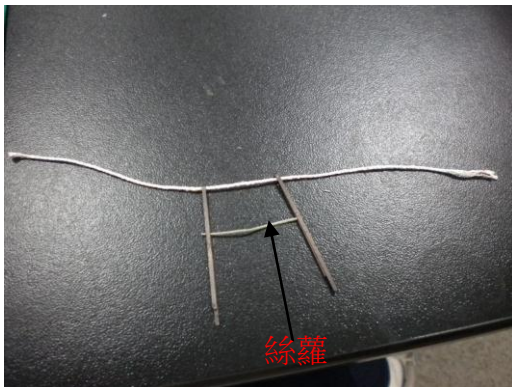
(圖一)實驗裝置



(圖二)將絲蘿放在密閉容器中觀察

2. 觀察絲蘿對於水蒸氣的反應

- (1)備置高溼度容器：裝一杯水放置在容器中使溼度達到飽和
- (2)取一根絲蘿在觀察處兩端作記號，用解剖顯微鏡觀察並拍照
- (3)將絲蘿放入高溼度容器
- (4)二十分鐘後拿出絲蘿觀察記號處變化



(圖三)實驗裝置一



(圖四)實驗裝置二

3.觀察絲蘿鱗片對於極小水滴的反應

- (1)取一根新鮮絲蘿及烘乾絲蘿，並測量重量
- (2)絲蘿葉片放在鏡頭下，並且在旁邊準備一個冷蒸氣機
- (3)向絲蘿葉片噴小水滴，並拍錄鱗片變化的情形
- (4)測量最後的重量看是否改變



(圖五)以蒸氣治療機噴出霧氣



(圖六)以數位顯微鏡拍攝，電腦紀錄

(三)觀察不同給水方式是否影響絲蘿吸水狀況

- 1.將新鮮絲蘿及烘乾絲蘿放在解剖顯微鏡下
- 2.使用微量滴管懸空滴水到葉片
- 3.另取一片葉子，使微量滴管直接接觸到葉片
- 4.比較懸空滴水和接觸給水的差異

(四)了解懸空滴水時，鱗片對小水珠之反應

- 1.將絲蘿放在解剖顯微鏡上，以微量滴管滴出小水滴
- 2.將小水珠靠近鱗片，錄影觀察小水珠之變化

(五)探討絲蘿的吸水是否具有方向性

- 1.找出一片新鮮絲蘿及乾燥絲蘿的葉子
- 2.在顯微鏡下用毛細管吸紅墨水並滴到葉片上
- 3.利用顯微鏡觀察吸水過程水的流動方向
- 4.比較滴水處左右兩邊鱗片的吸水速率，但是因水無法定量，所以只算其速率差

四、衣物評估實驗

各項評估皆以新鮮絲蘿、烘乾絲蘿、排汗衫及棉線比較

(一)比較各材質構造及含水率

- 1.以複式顯微鏡觀察各材質細部構造並比較含水率
- 2.絲蘿含水率測量
 - (1)將 0.5g 新鮮絲蘿放入烘乾箱以六十度烘乾二十四小時
 - (2)測量烘乾後重量
 - (3)計算含水率

$$\text{含水率} = \frac{\text{新鮮重量} - \text{烘乾後重量}}{\text{新鮮重量}} \%$$

(二)吸水能力比較

- 1.觀察絲蘿膨潤現象
 - (1)取新鮮絲蘿及烘乾絲蘿在顯微鏡下拍照
 - (2)將新鮮絲蘿及烘乾絲蘿浸泡兩小時
 - (3)每一小時取出拍照一次
 - (4)以 IMAGE J 比較其面積大小差異
- 2.比較新鮮絲蘿及乾絲蘿吸收水分能力
 - (1)取烘乾絲蘿及新鮮絲蘿 3.5cm 各十根
 - (2) 接著取兩個瓶子，各裝入 20cc 的水
 - (3) 將烘乾絲蘿及新鮮絲蘿放入，每十分鐘測其重量變化
- 3.比較各材質吸收水分的能力
 - (1)取烘乾絲蘿、排汗衫、棉線各 0.1g
 - (2)接著取三個瓶子，各裝入 20cc 的水
 - (3)將烘乾絲蘿、排汗衫、棉線放入，每十分鐘測其重量變化
- 4.比較各材質擴散能力
 - (1)取新鮮絲蘿、烘乾絲蘿、棉線緊密排列成4x3的方格，並剪取等大的排汗衫
 - (2)以微量滴管(0.2~1.0ml)吸取 0.1ml的紅墨水，滴向新鮮絲蘿、烘乾絲蘿、棉線及排汗衫表面
 - (3)每兩分鐘拍照觀察，觀察十分鐘
 - (4)使用Image J計算紅墨水在各材質表面的擴散面積

(三)比較吸收亞甲基藍的能力

- 1.製作亞甲基藍濃度與吸光值的標準曲線圖
 - (1)加入 0.01g 亞甲基藍再加 1250ml 的純水，配成亞甲基藍溶液
 - (2)將它分別稀釋成 1/2、1/3、1/4、1/5、1/10、1/20、1/50、1/100
 - (3)用分光光度計設定波長 664nm，並以純水歸零，量測(2)的吸光值
 - (4) 以 sigmaplot11.0 回歸分析數據，找出濃度和吸光值的關係方程式

2.比較各材質吸收亞甲基藍的能力

(1)比較新鮮絲蘿及烘乾絲蘿吸收亞甲基藍的能力

- 取乾絲蘿及新鮮絲蘿 3.5cm 各十根
- 配出 100ppm 的亞甲基藍，並倒入 20cc 的溶液到兩個瓶子中
- 將新鮮絲蘿及烘乾絲蘿放入
- 以純水當 blank，每十分鐘測其吸光值

(2)比較各材質吸收亞甲基藍能力

- 取烘乾絲蘿、排汗衫及棉線各 0.1g，同法測定

(四)比較不同材質吸收氨水的能力

1.製作氨水濃度與吸光值的標準曲線

- 做出 100ppm、80ppm、60ppm、40ppm、20ppm、0ppm 的氨水
- 分光光度計波長調至 535nm 以 0ppm 歸零
- 量測各濃度氨水吸光值
- 以 sigmaplot 軟體回歸分析數據做出氨水標準曲線

2.比較新鮮絲蘿及乾絲蘿吸收氨水能力

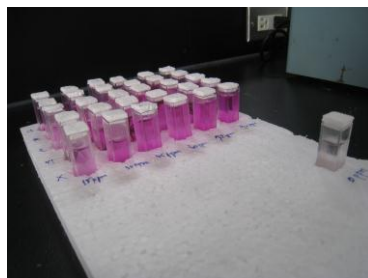
- 取乾絲蘿及新鮮絲蘿等長度 3.5cm 各十根
- 配出 45ppm 的氨水，取 20cc 加入酚酞 0.2cc
- 並倒入 20cc 的氨水到三個瓶子中
- 將新鮮絲蘿及乾絲蘿放入
- 以水加酚酞當 blank，每十分鐘測其吸光值

3.比較各材質吸收氨水能力

- 取乾絲蘿、排汗衫及棉線各 0.1g，同法測定



(圖七)實驗裝置



(圖八)將氨水倒入小瓶子，等待 1 小時



(圖九)放入分光光度計測吸光值

(五)比較各材質蒸發水分能力

- 1.將新鮮絲蘿、烘乾絲蘿、棉線及排汗衫放在微量天平(100g~0.001g)上測乾重
- 2.在各材質上滴入 0.1 cc的水並秤重，而對照組則記錄 0.1cc 水的蒸發情形
- 3.觀察三十分鐘且每十分鐘重秤重量



(圖十)滴水前



(圖十一)觀察水面的蒸散情形

(六)比較不同材質的散熱能力

- 1.準備三個試管，以新鮮絲蘿、烘乾絲蘿、排汗衫，和棉線繞在試管表面
- 2.將相同溫度的水倒入試管
- 3.每隔五分鐘紀錄溫度的變化



(圖十二)比較各材質散熱能力的裝置

(七)比較不同材質的抗輻射熱能力

- 1.準備五個試管，分別包覆無鱗片絲蘿、有鱗片絲蘿、棉線、排汗衫及不包覆
- 2.分別用五個鐵架夾住試管，並放置在離圓心相同距離的圓上，並以鐵片包圍，使輻射熱保留住，加快實驗反應
- 3.將放在圓心的燈泡點亮，分別在 5、10、15、20、25 及 30 分紀錄上升溫度



(圖十三)比較各材質抗輻射熱裝置 (圖十四)以燈泡給予輻射熱，觀察溫度變化

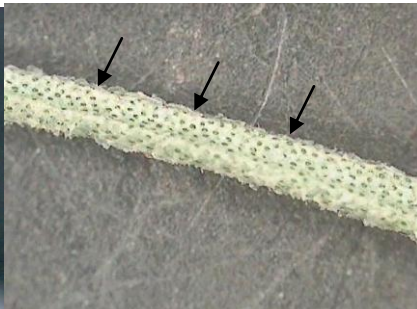
伍、研究結果

一、特徵觀察

(一)葉片及溝槽觀察

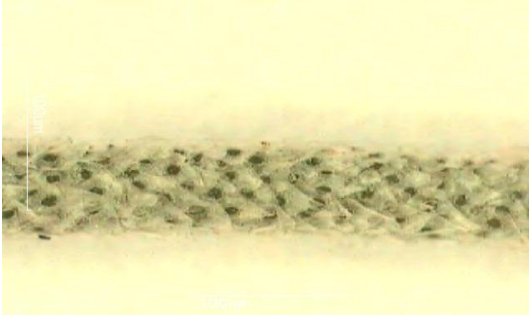


(圖十五)絲蘿鱗片(四十倍)
生長在葉子上的鱗片就像
是火煤棒一樣



(圖十六)箭頭處為絲蘿溝槽
(二十倍) 絲蘿葉片的上表
面邊緣會反捲而產生溝
槽，從外表看起來中間有凹
下去的感覺

(二)比較新鮮絲蘿與烘乾絲蘿鱗片的排列

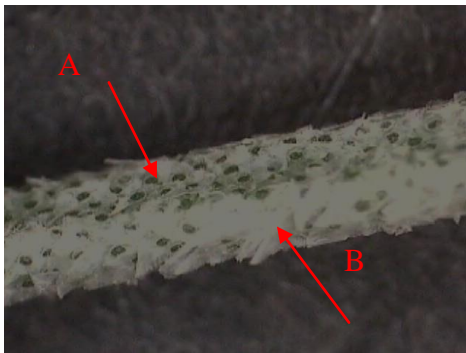


(圖十七)新鮮絲蘿葉片(四十倍)
新鮮絲蘿鱗片生長朝一定方向生長



(圖十八)烘乾絲蘿葉片(四十倍)
烘乾之後葉肉皺縮，鱗片也跟著扭曲

(三)鱗片型態



(圖十九) (四十倍)

從圖中可以看出溝槽中的鱗片A部位的接近圓形，且平貼在葉片上，而在B部位的鱗片是鑿形，末端游離翹起。右圖為絲蘿的鱗片

絲蘿鱗片觀察



(圖二十)鱗片面積： 0.3413mm^2
鱗片最大長度： 0.9975mm
鱗片最大寬度： 0.4765mm
(一百倍) 絲蘿鱗片中間具有同心圓的十字裂縫，而周圍則有許

二、了解絲蘿吸水機制

(一)絲蘿吸水途徑

1.新鮮絲蘿吸水途徑觀察



(圖二十一)未滴水時(二十倍)



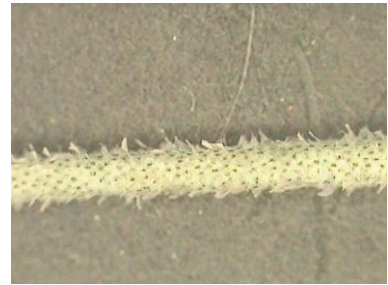
(圖二十二)滴水後1.5秒，水分在葉片表面快速擴散開來



(圖二十三)滴水後16秒，水分擴散面積固定

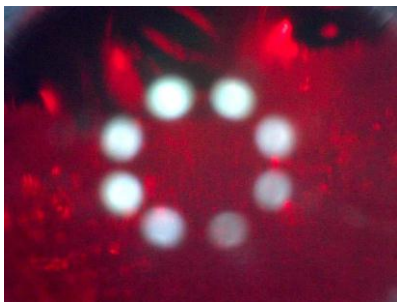


(圖二十四)滴水後37秒，水分漸蒸發，鱗片漸恢復原狀

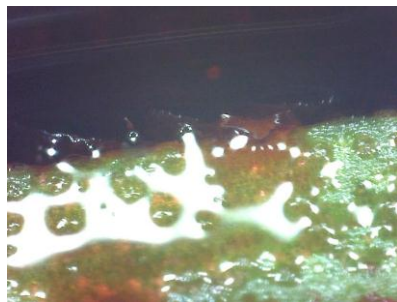


(圖二十五)滴水後1分，鱗片完全恢復原狀

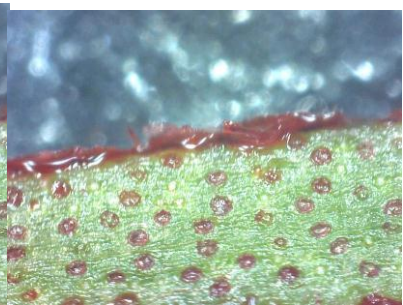
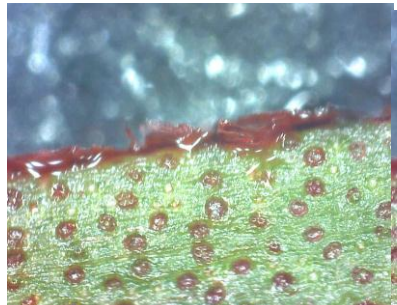
2.新鮮絲蘿將鱗片去除後吸水途徑觀察



(圖二十六)剛滴入紅墨水，水量多，產生鏡面反射



(圖二十七)鏡面反射漸漸消失，表示水量漸漸減少



(圖二十八、二十九、三十)由此三張圖發現紅墨水，集中成小紅點，推測該處是吸收水的地方

3. 烘乾絲蘿吸水途徑觀察



(圖三十一) 剛開始滴下時水皆在葉子表面(二十倍)



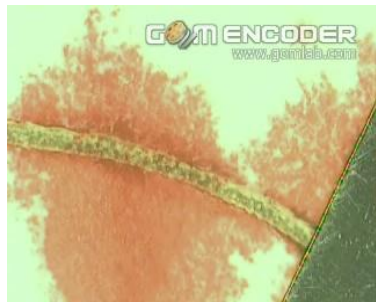
(圖三十二) 15秒後部分水份被吸入



(圖三十三) 30秒更多水份被吸入



(圖三十四、三十五) 45秒由此兩張圖發現水份幾乎已被吸完

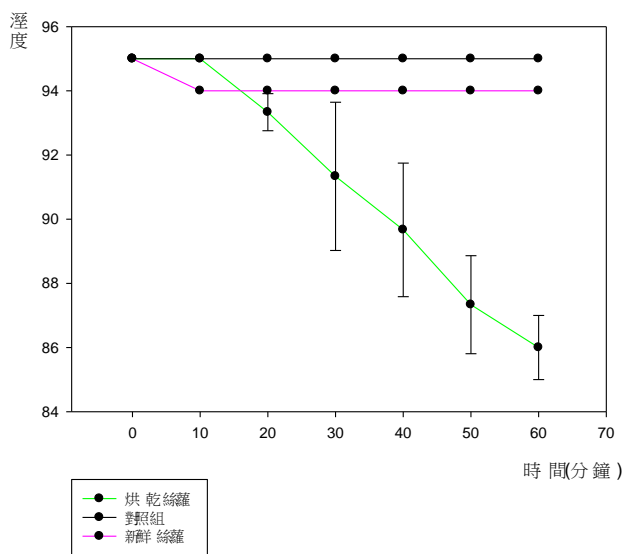


(圖三十六) 放大發現跟新鮮絲蘿一樣凝聚在小孔(四十倍)

從兩種絲蘿吸水途徑觀察發現，兩者皆會從葉表面的小孔將水分吸入

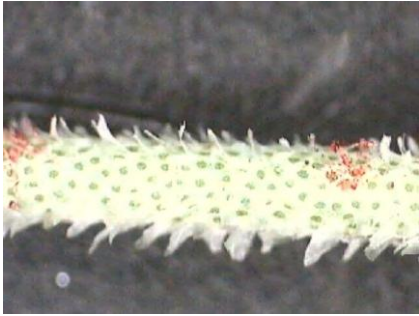
(二) 觀察新鮮絲蘿吸收空氣中水分狀況

1. 比較新鮮絲蘿及烘乾絲蘿吸收空氣中水蒸氣能力



分析：實驗結果發現烘乾絲蘿比新鮮絲蘿使密閉容器的溼度下降更快

2. 觀察絲蘿對水蒸氣的反應



(圖四十八)實驗前以紅墨水在觀察處兩端做記號

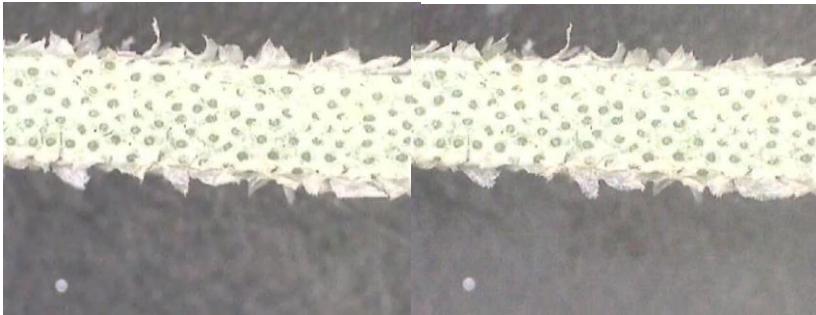


(圖四十九)實驗後發現鱗片的位置沒有變化，無法判斷是否有吸收水蒸氣

作完實驗後發現重量及鱗片狀況並沒有明顯改變

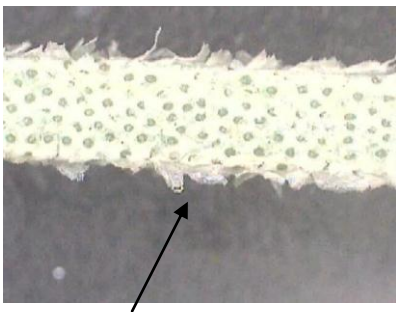
3. 觀察新鮮絲蘿對極小水滴的反應一

實驗結果重量沒變，鱗片上有小水滴結成

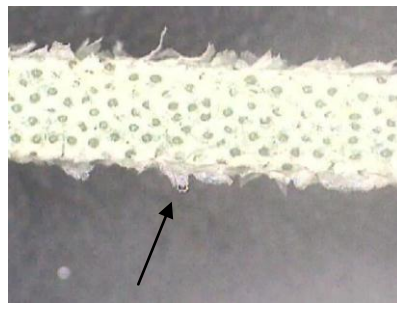


(圖三十七)未噴入蒸氣時，鱗片翹離葉子

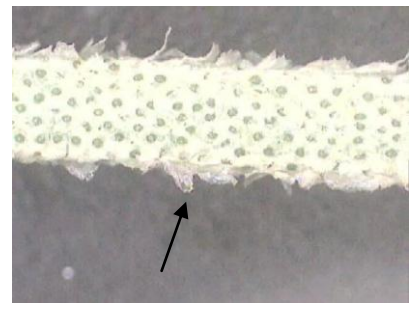
(圖三十八)噴入蒸氣一段時間後，仍無變化



(圖三十九)經過許久，蒸氣在鱗片末端凝聚成小水滴

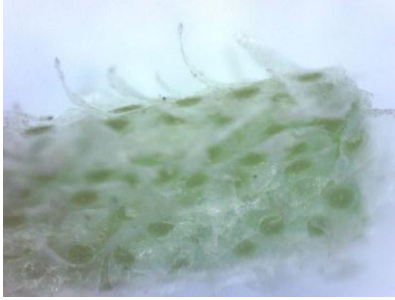


(圖四十)小水滴慢慢地變大

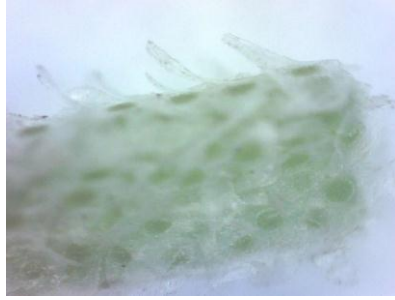


(圖四十一)小水滴大到一定程度後，就沿著鱗片被吸入

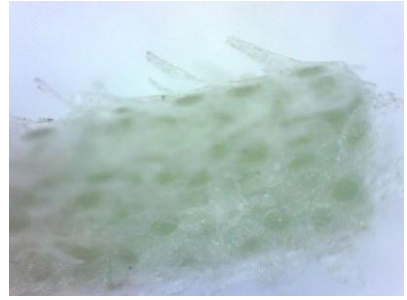
4. 觀察新鮮絲蘿對極小水滴的反應二



(圖四十二)未噴入蒸氣時，鱗片末端翹起呈倒C形



(圖四十三)噴入蒸氣後，鱗片漸漸貼近葉片



(圖四十四)噴入許久後，鱗片更加接近葉片，但始終未在鱗片末端找到小水滴

5. 觀察烘乾絲蘿對極小水滴的反應



(圖四十五)未噴入時鱗片扭曲



(圖四十六)噴入後鱗片，鱗片漸漸貼近葉片



(圖四十七)鱗片幾乎完全貼近

分析：使烘乾絲蘿的鱗片已經扭曲但在吸收極小水滴的狀況兩種絲蘿並無太大差異

(三)觀察給水方式是否影響絲蘿吸水狀況

1.懸空滴水到新鮮絲蘿



(圖五十)剛滴落時，水在表面成水滴狀



(圖五十一)30秒後水滴變長



(圖五十二)50秒後水滴外型曲度減低



(圖五十三)1分鐘後水滴不見



(圖五十四)1分半後發現水滴被葉片完全吸入

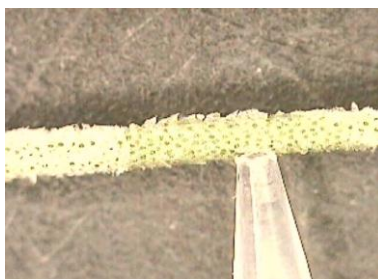
2.接觸葉片滴水到新鮮絲蘿



(圖五十五)一開始滴管尚未碰到絲蘿



(圖五十六)6秒後鱗片吸收水分葉子便溼



(圖五十七)12秒後吸收面積加大

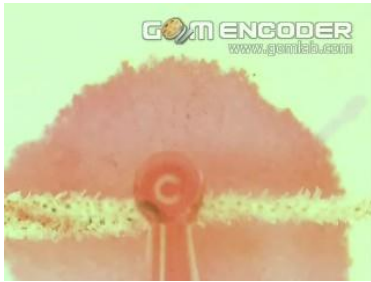


(圖五十八)18秒後吸收面積持續加大

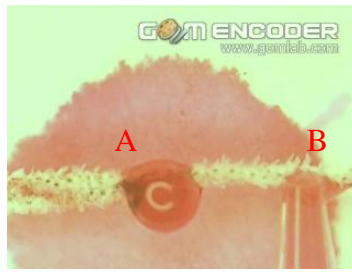


(圖五十九)24秒後整段葉片完全溼透

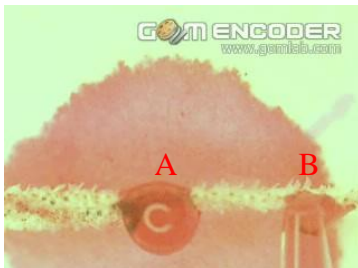
3.懸空滴水及接觸滴水到烘乾絲蘿



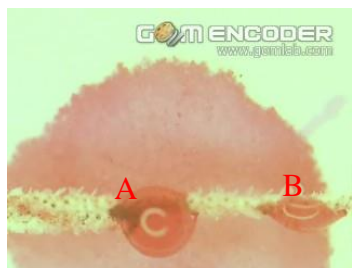
(圖六十)剛懸空滴入



(圖六十一)懸空滴入(A)
凝結成小水滴，同時接觸
滴入(B)



(圖六十二)懸空滴入(A)
無變化，接觸滴水凝結
成小水滴



(圖六十三)兩者結成小水
滴，但無擴散



(圖六十四)兩者開始向兩
端擴散

分析：鮮絲蘿和烘乾絲蘿懸空滴水皆產生小水滴，但接觸滴水時新鮮絲蘿會直接吸入，烘乾絲蘿則會產生小水滴凝結

(四)了解懸空滴水時，新鮮絲蘿鱗片對小水珠之反應



(圖六十五)水滴剛接觸鱗
片



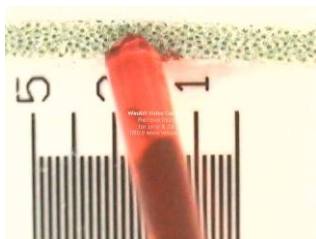
(圖六十六)水滴被兩根鱗
片的附著力牽引進去



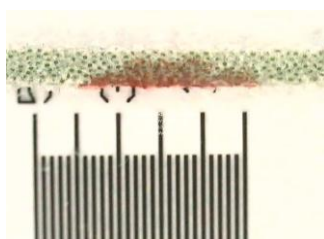
(圖六十七)水滴被附著力
吸到葉片中

(五)探討絲蘿吸水方向性的結果

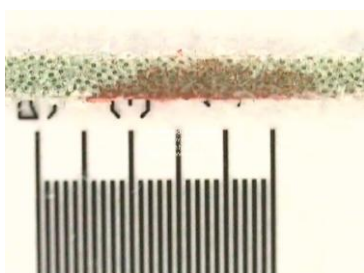
1.新鮮絲蘿吸水方向性觀察



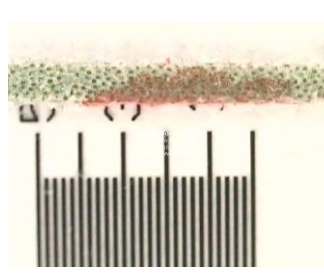
(圖六十八)滴入點約在刻度3的地方
(二十倍)



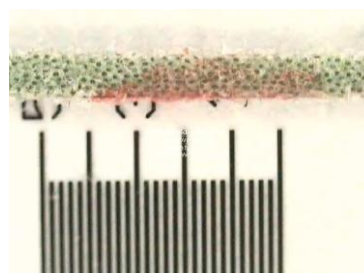
(圖六十九)十秒鐘時快速向刻度1擴散



(圖七十)三十秒約達到最大擴散面積



(圖七十一)一分鐘表面顏色變淺，紅墨水有被吸入的狀況

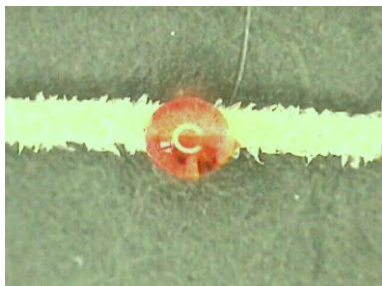


(圖七十二)一分半顏色更淺，墨水幾乎完全吸入

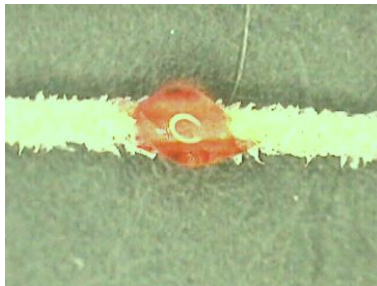
	順向速率	逆向速率
第一次實驗	0.0495	0.023
第二次實驗	0.1083	0.045
第三次實驗	0.106	0.0824

分析：絲蘿找一點滴水，右邊是順著鱗片生長的方向，左邊是與鱗片生長方向相反，經過定時觀察，一開始就可看到順著鱗片生長的方向跑的比較長

2. 烘乾絲蘿吸水方向性觀察



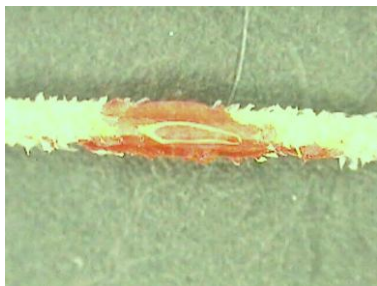
(圖七十三)滴入點在中間
(二十倍)



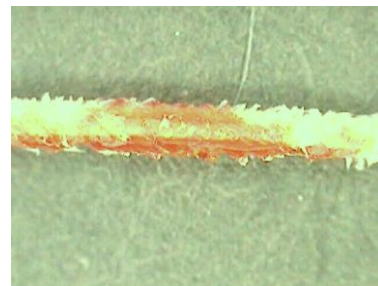
(圖七十四)未開始進行擴散



(圖七十五)右邊已開始擴散



(圖七十六)兩邊都擴散，但
還沒停止



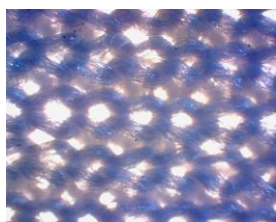
(圖七十七)兩邊擴散完，且
距離差不多

分析：方向性的實驗中可看出兩者皆會傳遞水分，不過新鮮絲蘿具有方向性，烘乾絲蘿則因鱗片扭曲導致方向性不明顯

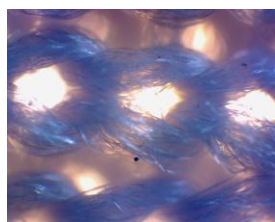
三、衣物評估實驗

(一) 含水率比較及構造觀察

種類	排汗衫	棉線	新鮮絲蘿	烘乾絲蘿
含水率	0.4%	8.5%	76%	因已被烘乾推測不含有水分
材質	聚酯纖維	纖維素	纖維素	纖維素



(圖七十八)排汗衫
40 倍



(圖七十九)排汗衫
100 倍



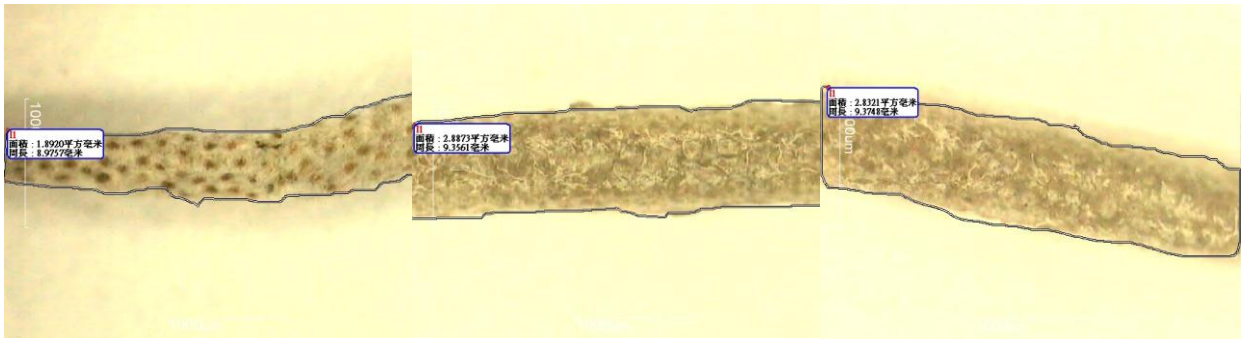
(圖八十)棉線 40 倍



(圖八十一)絲蘿 40 倍

(二)吸收水分能力

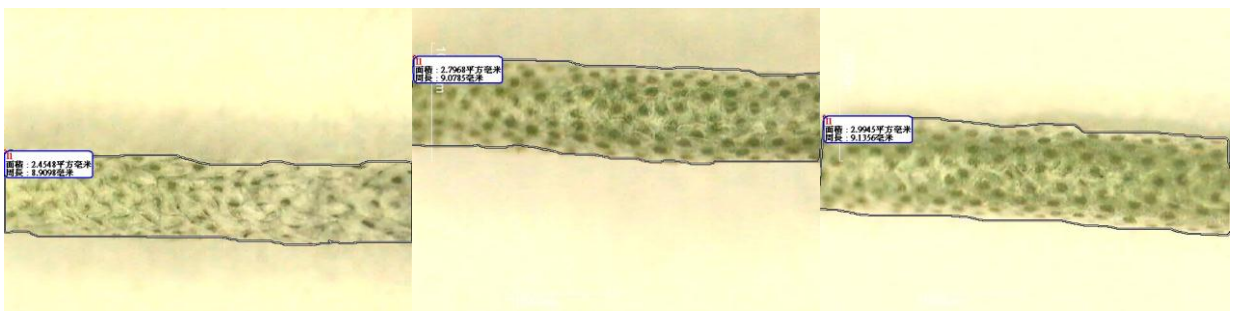
1.膨潤現象觀察



(圖八十二)未滴水時 面積
8.9757mm²
(四十倍)

(圖八十三)滴水一小時後
面積9.3561mm²

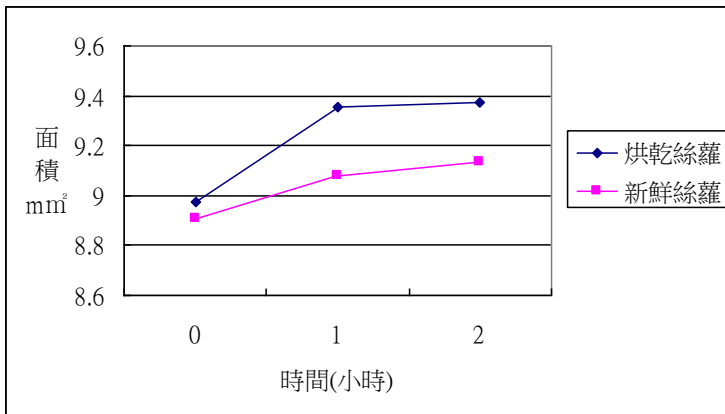
(圖八十四)滴水兩小時後
面積9.3748mm²



(圖八十五)未滴水時 面積
2.4548mm²

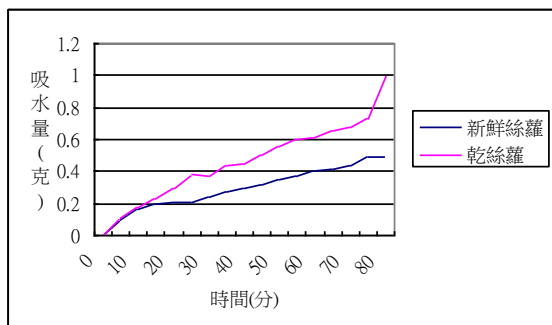
(圖八十六)滴水一小時後
面積2.7968mm²

(圖八十七)滴水兩小時後
面積2.9945mm²

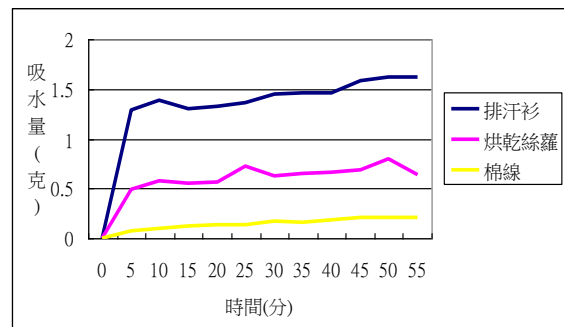


可見烘乾絲蘿膨脹面積比新鮮絲蘿大

2.比較烘乾絲蘿及新鮮絲蘿吸水量結果



3. 比較各材質吸水量結果

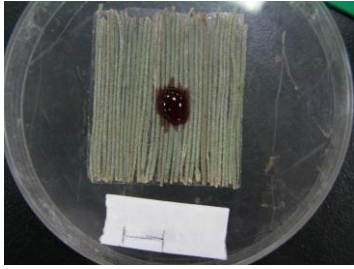


從實驗中發現烘乾絲蘿吸水量較新鮮絲蘿多

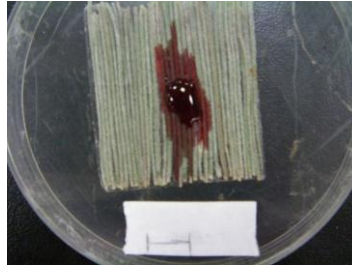
吸水量依序為排汗衫>烘乾絲蘿>棉線

4.各材質擴散能力的比較分別在一開始、二分鐘、四分鐘、六分鐘、八分鐘、十分鐘拍照觀察

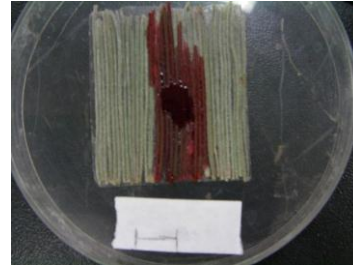
(1)新鮮絲蘿



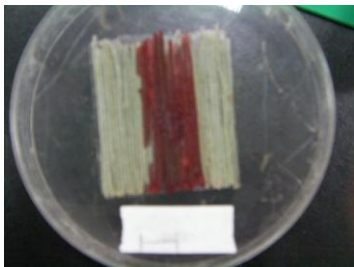
(圖八十八)一開始絲蘿將水滴撐起，但有部分暈開



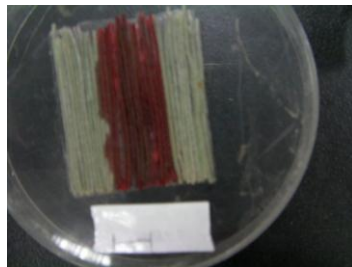
(圖八十九)水滴變小，擴散面積增加



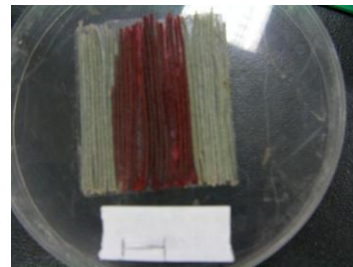
(圖九十)水滴表面看不到鏡面反射，顯示水滴水量減少



(圖九十一)水滴完全消失，擴散面積增加

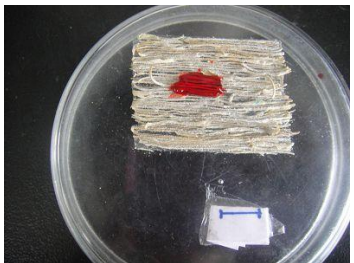


(圖九十二)持續擴散

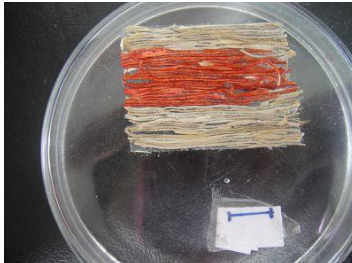


(圖九十三)幾乎擴散至最大面積

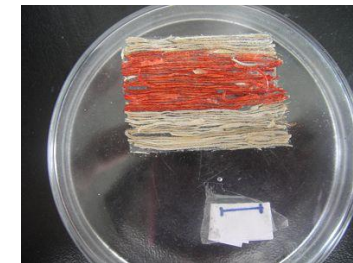
(2)烘乾絲蘿



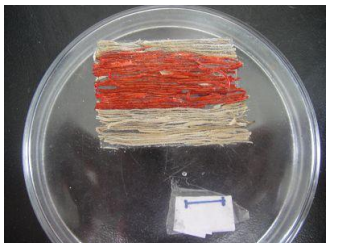
(圖九十四)剛滴下水被撐起



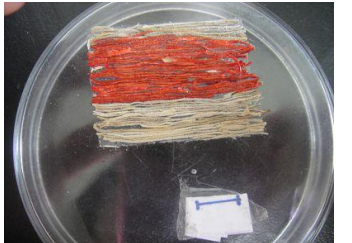
(圖九十五)快速擴散開來



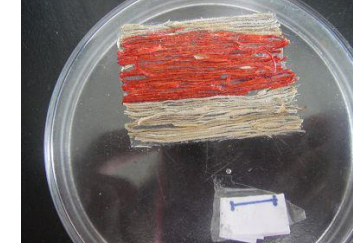
(圖九十六)持續擴散



(圖九十七)幾乎已不擴散

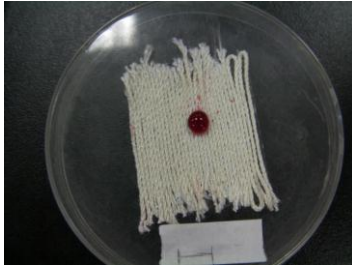


(圖九十八)擴散面積不再增加

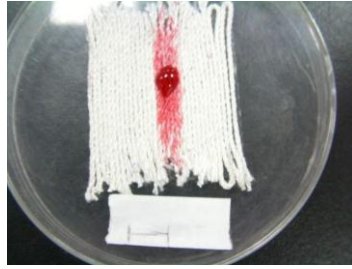


(圖九十九)擴散面積亦不再增加

(3) 棉線



(圖一百)水滴被棉線完全撐起



(圖一百零一)侷限在小水滴鎖在的棉線上擴散，無橫向擴散



(圖一百零二)已無水滴，但依然無橫向擴散



(圖一百零三)擴散面積增加不大

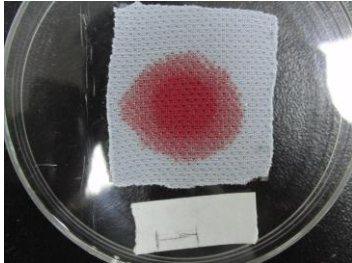


(圖一百零四)持續擴散

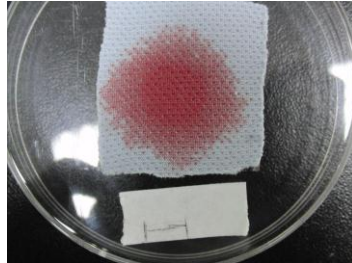


(圖一百零五)持續擴散，也看到微量的橫向擴散

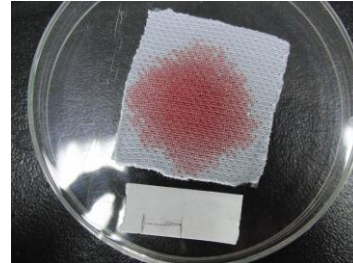
(4) 排汗衫



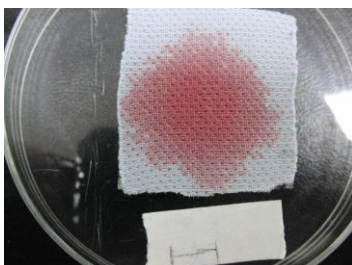
(圖一百零六)水滴立即在排汗衫表面擴散開來



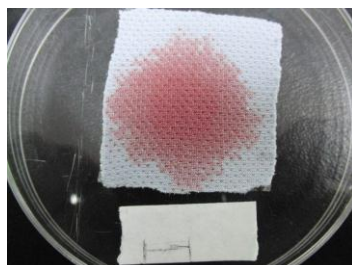
(圖一百零七)持續擴散



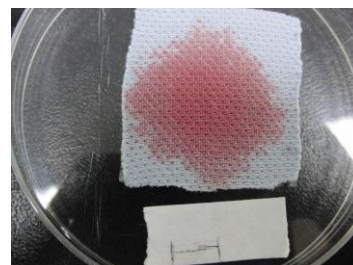
(圖一百零八)持續擴散，紅墨水濃度趨向平均



(圖一百零九)持續均勻擴散

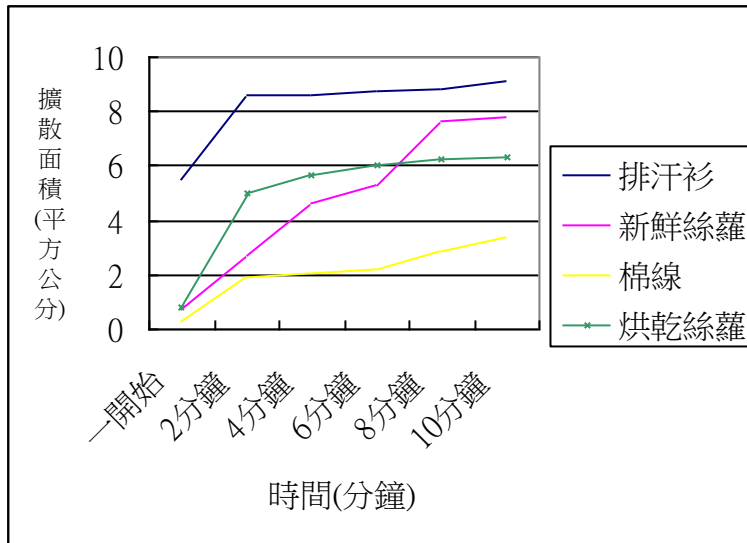


(圖一百一十)持續均勻擴散



(圖一百一十一)已經完全擴散於排汗衫表面

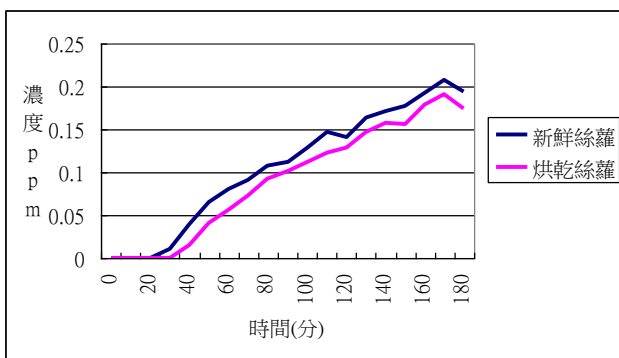
(5)各材質擴散面積比較



結果顯示四種都會擴散，依照擴散面積比較擴散能力依序是排汗衫>新鮮絲蘿>烘乾絲蘿>棉線，擴散時排汗衫及烘乾絲蘿一開始擴散很快，但四分鐘後就幾乎不擴散，烘乾絲蘿是因為它被烘乾，鱗片變的雜亂，橫向擴散能力變強，但是接下來葉子被浸潤，水份被葉肉吸入，將水分吸完所以接下來面積保持一定，而新鮮絲蘿和棉線則是從一開始就緩慢的一直增加，到最後新鮮絲蘿的擴散面積僅略差排汗衫13%。但棉線因結構緊密因此差了63%

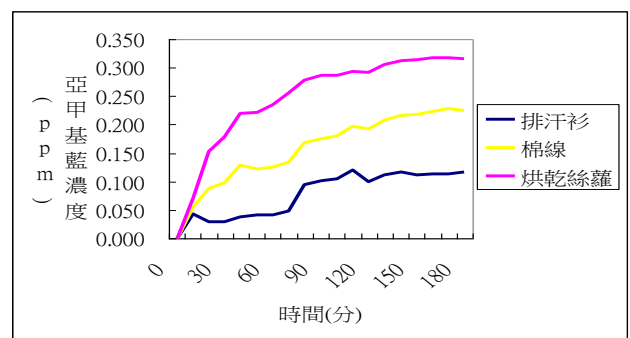
(二)吸收亞甲基藍能力

1.比較烘乾絲蘿及新鮮絲蘿亞甲基藍能力



從實驗中發現兩種絲蘿吸收亞甲基藍能力差不多

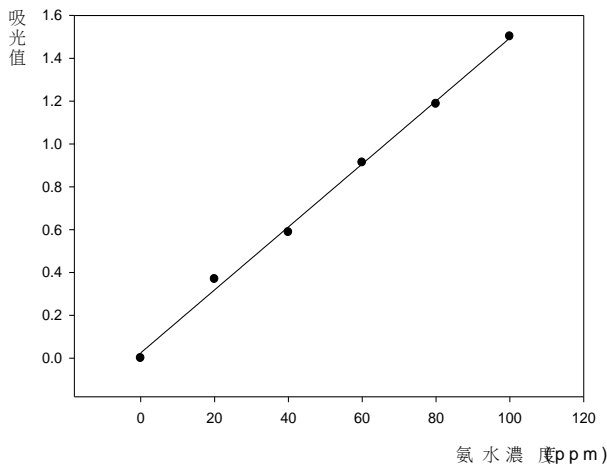
2.比較各材質吸收亞甲基藍的能力



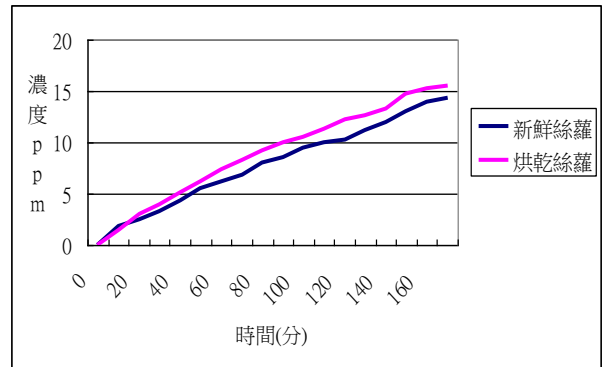
結果顯示吸收亞甲基藍量依序為烘乾絲蘿>棉線>排汗衫

(三)吸收氨水能力

1. 氨水濃度與吸光值標準曲線

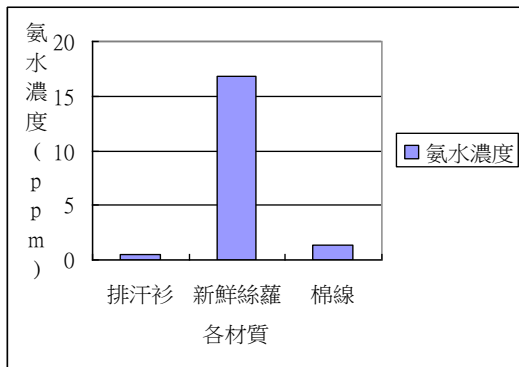


2. 比較烘乾絲蘿及新鮮絲蘿氨水吸收量



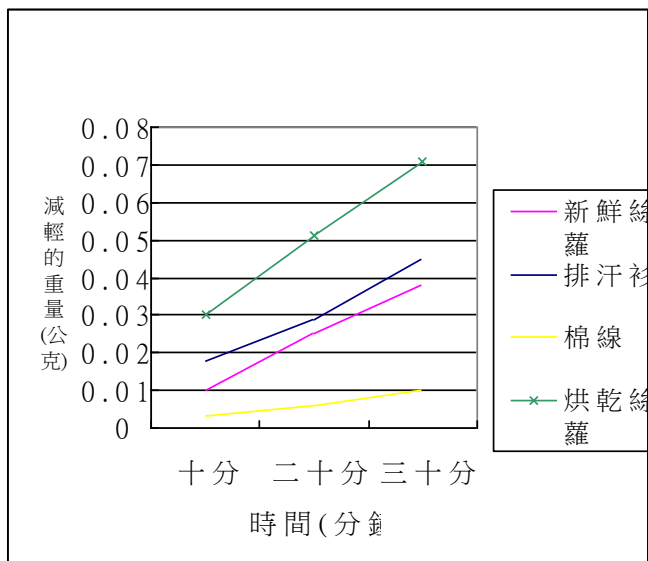
實驗結果發現烘乾絲蘿的吸收氨水量跟新鮮絲蘿差不多

3. 比較不同材質吸收氨水的能力



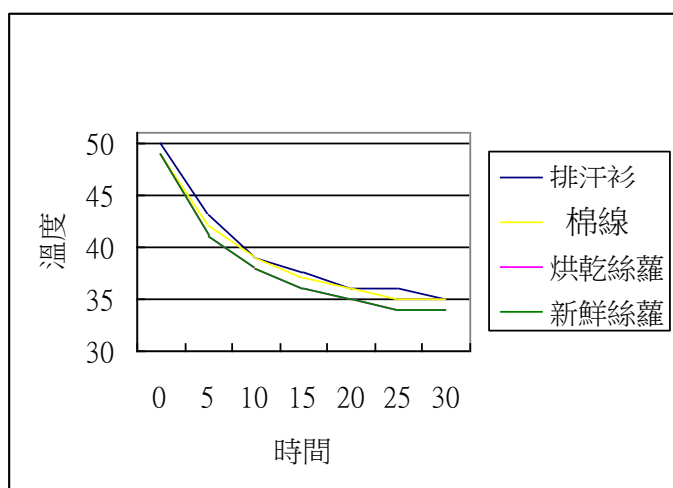
實驗結果顯示新鮮絲蘿吸收氨水能力明顯比排汗衫和棉線強

(四)不同材質蒸發水分能力比較



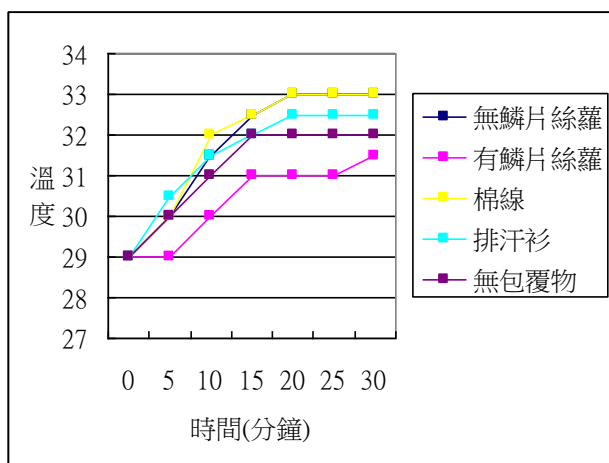
蒸發能力依序為烘乾絲蘿>排汗衫>新鮮絲蘿>棉線

(五)比較不同材質的散熱能力



從實驗結果發現新鮮絲蘿和烘乾絲蘿的散熱能力最佳，棉線其次，排汗衫最差

(六)比較不同材質的抗輻射熱能力



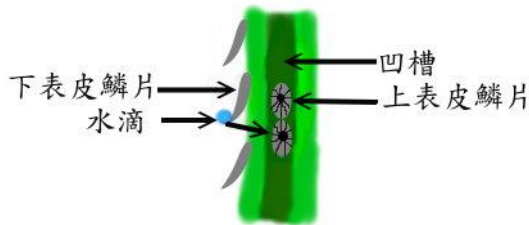
從實驗結果發現抗輻射熱能力大小為:有鱗片絲蘿>無包覆物>排汗衫>無鱗片絲蘿=棉線

陸、討論

一、特徵觀察

(一)絲蘿鱗片構造及傳遞水分

絲蘿葉子的上下表面都覆蓋著鱗片，上表面的葉子在葉緣處微微的向內捲，以致外表看起來像一條溝槽，上表面的鱗片型態接近圓形，平貼在葉片上，下表面的鱗片型態是鑿型，末端游離翹起，推測絲蘿因為下表面在外，且鱗片末端有游離翹起，抓住水分後鱗片倒下，有部份的水傳遞到上表面，上表面因凹槽構造，造成較大的接觸面積，因此增加對水的附著力，凹槽內的鱗片是平整的，不像下表面是末端游離翹起，避免水珠被翹起的鱗片撐起，以增加吸水速度。而烘乾絲蘿的鱗片紊亂且乾燥，所以吸水速度較慢



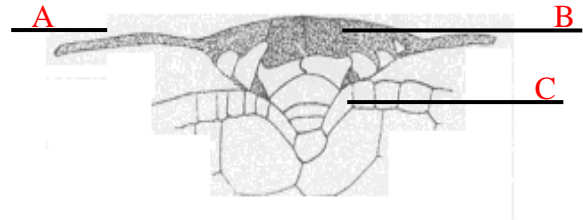
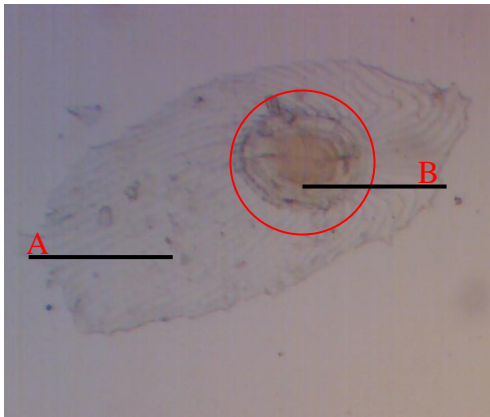
(圖一百一十二)下表面的鑿形鱗片傳導水份至上表面圓形鱗片途徑

(二)絲蘿吸水途徑推測

整體的葉片就像火煤棒一樣，鱗片就像火煤棒表面翹起的纖維，鱗片本身的末端有像倒 C 的捲起，鱗片中央有同心圓狀的十字裂縫，像是水槽的防塞過濾塞，為了找到吸水路徑，我們將鱗片去除之後，滴上小水滴，發現不管是新鮮絲蘿還是乾燥絲蘿都會集中到小孔當中，證明水可以從裂縫下去，而乾燥的絲蘿不因烘乾破壞多孔構造。不過因為它被乾燥，單根葉片上紊亂的鱗片暫時撐起水珠，須等鱗片上的紋路造成毛細現象，導流水份下到葉肉，才會開始吸水，所以速度會比活的絲蘿慢。

(三)觀察鱗片顯微鏡圖及葉片橫切面

由於構造極細微，無法做葉子的橫切觀察細胞的排列，了解水如何運下去，在文獻（Billings1904）中看到絲蘿的切面圖，推測水會由同心圓狀的十字裂縫滲透進入下面的柄細胞。



取自於（Billings1904）

(圖一百一十三、圖一百一十四)A 為末端游離處 B 為同心圓十字裂縫 C 為柄細胞，水會從 A~B~C 流進葉子中

二、探討絲蘿是否能吸收空氣中的水蒸氣

想要驗證絲蘿是否可以吸收空氣中水蒸氣，將絲蘿放在飽和蒸氣的容器中觀察鱗片的變化及絲蘿重量的變化，結果發現新鮮絲蘿在接觸水蒸氣後鱗片位置不變，重量改變極少，這是因自身充滿水分，含水率達 76%，已達飽和所以不會吸收過多水分，而乾燥絲蘿接觸水蒸氣時重量會增加，使環境溼度降低，可見絲蘿這種多孔結構的確可以幫助吸水。

三、單一鱗片協助吸水的模式

接下來再以大一點的小水滴試試看鱗片的反應，小水滴是使用治療上呼吸道疾病的冷蒸氣機噴出的，使用冷蒸氣是因避免溫度造成其他變因，發現噴一段時間後，新鮮絲蘿及烘乾絲蘿鱗片都會逐漸貼近在葉子的表面，過程中有時也看到極微量的水凝結在鱗片上，可以順著鱗片滑下去，但鱗片不倒，可是鱗片已經因為變溼透明了，顯示已有吸到水。

為什麼鱗片在充滿小水滴的環境裡，會微微傾向葉片，推測當小水滴碰觸在鱗片不同的地方時，鱗片會有不同的反應，若水滴凝聚在鱗片的末端會凝聚成小水滴，之後當水滴變大時，水滴會因為重力順著鱗片上的紋路滑落(圖一百一十五)，若小水滴凝聚在鱗片跟葉子的夾角處(圖一百一十六)，鱗片會因與水的附著力而被拉下來緊貼葉片。

而植物細胞壁的成分是纖維素，纖維素是由葡萄糖聚合成的，葡萄糖具有親水基(-OH)會吸收水分，故推測鱗片除了靠表面紋路造成的毛細現象吸水，且本身也具有吸水能力。



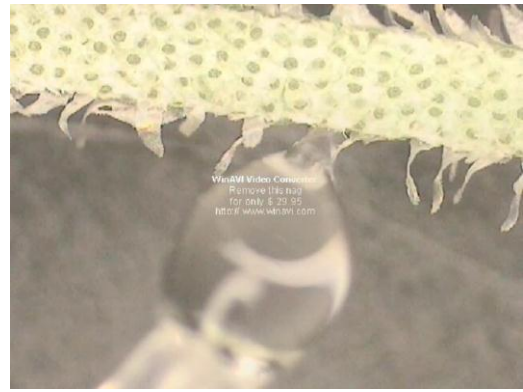
(圖一百一十五)水份凝聚在鱗片末端



(圖一百一十六)鱗片凝聚在葉子附近

四、多片鱗片協助吸水的模式

本研究以微量滴管滴下小水滴接觸鱗片以了解鱗片如何幫助葉片吸水，當鱗片接觸到水時，鱗片表面許多加厚的細胞壁所形成的紋路會減少小水滴的表面張力，因毛細現象小水滴沿著紋路流入鱗片中央的裂縫，翹起的鱗片也因水的附著力緊緊的貼在葉表面上，由於鱗片排列很緊密，瞬間小水滴同時被許多鱗片的毛細力量拉入中央裂縫。



(圖一百一十七)水珠與鱗片的關係

五、鱗片的排列與吸水的效力

絲蘿的鱗片生長有一定的方向性，將葉片水平放置，在其中間滴上紅墨水觀察，發現水會往左右兩個方向傳遞，結果顯示順著鱗片的方向較快，這可能是因為鱗片排列的方式造成骨牌效應，所以加速傳遞。絲蘿植株是懸垂生長的，鱗片生長方向和水滴下的方向是相同的，因此水分就能快速傳到植物體內，此結構是植物演化適應環境的結果。但是烘乾斯蘿則因被烘乾，葉子有皺縮情形，而鱗片也變的扭曲，導致水分傳遞的方向性變的不明顯。

六、絲蘿的型態演化與適應

澆水時發現水份有時會凝聚成小水滴在絲蘿的表面，有時直接被吸入，這可能和鱗片是否有受到水滴壓迫有關，實驗以微量滴管模擬，懸空滴入時，發現短時間內鱗片的末端會撐起成小水滴；滴管直接接觸到葉片時，鱗片會被壓倒，就不形成小水滴，且水分迅速被傳遞開來。觀察實際狀況，在下雨時，因為水滴有重力加速度的衝力，鱗片直接接受到重力，鱗片倒下無法撐起小水滴，水分就會直接被吸收，這種狀況吸水速度很快。絲蘿常附生在植物上，附生植物葉片上的露珠流到絲蘿上時，就有可能被鱗片撐住，經過一段時間後，水再經由鱗片傳入葉肉，這種方式吸水速度較慢。研究絲蘿的構造可以證明他的吸水能力極佳，可以迅速的捕捉水氣，比起種在土壤中的植物，更能適應乾燥環境。

七、衣物評估實驗

(一)實驗起因

看到絲蘿微妙的構造，心想如果可以把這吸水能力應用在衣物的製作上，應該能有不錯的成效。一般的織物是以非生物來進行實驗，所以除了使用新鮮絲蘿也使用烘乾絲蘿來檢測，一般人對衣物要求會考慮到一些因素，比如流汗時他是否能迅速吸收並排掉；能不能除掉身上臭味；穿在身體上是否能保暖或是否能散熱等。傳統衣物是棉質的，現在市面上有標榜吸溼排汗的排汗衫，想要將這幾種材料和絲蘿一起作比較。

(二)材質及含水率比較

吸水能力可能與自身材質及含水率有關，排汗衫材質為聚脂纖維，棉線及絲蘿材質為纖維素，聚脂纖維具有疏水性，而纖維質材質本身具有OH-具親水性。

要比較吸水能力，應比較材質浸潤在水裡的吸水量，和水滴在材質表面的擴散能力，吸水量多代表它具有很好的吸水性，可將水分涵養在裡面，擴散面積大則是水分是否能在外面快速傳遞。

(三)比較不同材質的吸水能力

1 比較新鮮絲蘿及烘乾絲蘿的吸水情形

實驗先觀察烘乾絲蘿及新鮮絲蘿吸水後的外型變化，將兩種絲蘿浸泡並比較膨潤情形，發現烘乾絲蘿吸水膨脹的面積比新鮮絲蘿大，這是因為新鮮絲蘿的含水率高達 76%，本來就含有水分，可再吸收的水分自然比較少，證實含水率的確會影響水量

2.比較新鮮絲蘿及烘乾絲蘿吸水量

乾絲蘿吸水量比新鮮絲蘿多是因新鮮絲蘿本身就含水分，且含水率 76%所以給他許多水份時他不需要那麼多。

3.比較各材質的吸水量

排汗衫的吸水量比絲蘿多，這是因為排汗衫是利用它的編織法吸水，而絲蘿是利用它本身的材質纖維質吸水，所以吸的水比較少。

4.比較各材質擴散能力.

比較擴散能力，發現排汗衫優於棉線及絲蘿，一個材質的擴散能力和他的成分及編排有關，在複式顯微鏡下觀察結構，發現排汗衫具有極細纖維，排列成為許多的小網格，纖維間也有許多小空隙，這樣的結構可以導致極佳的毛細能力，因此具有最強的吸收能力。

比較擴散的歷程，發現排汗衫在極短的時間就全部擴散開來，絲蘿跟棉線則慢慢擴散，但絲蘿最後的擴散面積接近排汗衫。烘乾過後的絲蘿，滴水之後需要一段時間浸潤才會吸水，如果只有一根，就會將水分直接吸入，但這時若是排成布狀就會因自身雜亂的鱗片，接觸到旁邊的鱗片造成快速橫向擴散，接下來水份被吸入內部，表面沒有水分，所以擴散面積會保持一定。而新鮮絲蘿則是一邊擴散一邊吸入，使它最後的擴散面積大於烘乾絲蘿。

相較起來，絲蘿及棉線結構較緊密，雖然這兩者的材質是纖維素，具有親水性，仍不如成分是聚酯纖維的排汗衫，而絲蘿也只是略低於它 13%，但是絲蘿纖維質的鱗片結構及排列仍優於傳統的棉線

(四)比較不同材質吸收亞甲基藍能力

亞甲基藍可以代表有機物的吸附能力，那是因為它本身就屬於一種有機物，容易和纖維質的—OH 產生穩定鍵結，就像棉質衣物比較容易染上顏色。而棉線雖然也是纖維質，但是結構緊密，使它吸收的亞甲基藍量也少，而 PET 不會和亞甲基藍形成鍵結所以吸的最少。人體的皮膚表面有一些有機分泌物，再者經過細菌分解，以會產生有機物，影響健康，以絲蘿為材質的衣物，將可吸收，也可應用於空間中，達到吸附除臭的效果。

(五)比較不同材質吸收氨水能力

流出的汗水中有許多物質，包括氨類和有機氨，，所以想各材質對於吸收氨水的除臭能力。結果顯示絲蘿有最佳的吸收氨水能力。因為氨對於水的溶解度為 1 比 700，他極易溶於水，而絲蘿的鱗片和棉線成分都是纖維質，是葡萄糖聚合物，有親水基(-OH)，所以易與水結合，因葡萄糖將水吸住，而氨也跟著被吸住，不易排除，就像竹碳纖維可以吸住空氣中的氣味分子，除去臭味。但聚酯纖維具親酯基，有排水性，氣味分子直接通過纖維之間的孔洞，擴散到空氣中，產生臭味。

絲蘿無根，所有礦物鹽也是要溶在水中再由葉片吸入，葉表的這些多孔構造及材質，有助於吸收氨水及亞甲基藍分子。

(六)蒸發水分能力實驗

一般對衣物的要求，會希望能快速變乾，蒸發能力和擴散能力及材質有關，擴散能力越好者，因為水擴散的面積越大，蒸發速度越快。比較各材質發現，烘乾絲蘿雖然擴散面積小，但是因為它被烘乾，葉肉中產生許多空隙，水份在這些空隙時便會被蒸散，使它具有最好的蒸散能力。排汗衫是聚脂纖維不具親水性，直接讓水分子通過孔洞跑出去，所以也有不錯的蒸散能力，而新鮮絲蘿自身具有水分會將表面的水抓住，讓他的蒸散效果沒比烘乾後的好，但棉線因纖維排列太緊密，緊抓著水，所以蒸發能力最差。

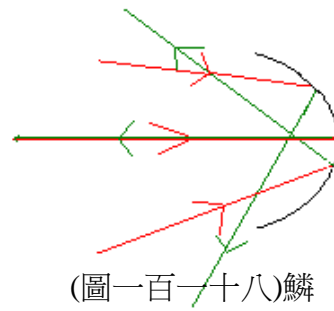
(七)各材質散熱能力實驗

穿衣服時會接觸到皮膚，若衣服能夠快速吸收身體的熱並散出熱，就能達到涼爽的感覺，想要了解各材質和散熱能力，實驗的設計是在玻璃試管內裝入熱水模擬身體的熱量，在玻璃試管外分別包覆各材質，紀錄熱水的溫度變化，好的散熱材質具有很好的能力，能將熱快速散出

實驗結果顯示，新鮮絲蘿因鱗片孔隙大於棉線及排汗衫，熱較容易從孔隙散出，所以散熱能力佳，而烘乾絲蘿在烘乾後結構並沒有太大的改變，所以散熱能力差不多；棉線因孔隙介於排汗衫及絲蘿之間，導致散熱能力次佳；排汗衫緊密的特殊織法造成孔隙狹小，造成散熱能力最差，易將熱保留住。

(八)比較各材質抗輻射熱實驗

在自然界發現各種空氣鳳梨鱗片的型態跟分布都不一樣，在高溫陽光多的地方，鱗片會較密集且翹起，在暗處的會較少且平貼(Benzing etc.1978)，所以想了解鱗片構造對抗輻射熱的效果。比較了各材質的抗輻射熱能力後，發現絲蘿因有類似凹面鏡形狀的鱗片，可將外來的熱反射掉，所以有鱗片絲蘿的溫度上升較慢；無包覆物因光直接穿透試管，熱量也不容易保留；而排汗衫、棉線、無鱗片絲蘿都沒有可將強光反射掉的構造，所以溫度較高。



(圖一百一十八)鱗片反射光線模式

(九)各種材質衣物評估能力比較

	擴散能力	蒸發能力	吸收氨水能力	散熱能力	抗輻射熱能力
烘乾絲蘿	次強	最強	最強	最強	最強
毛線	最弱	最弱	較弱	次強	較弱
排汗衫	最強	次強	較弱	最弱	次強

(十)絲蘿特性之應用

1.仿生織物-絲蘿衣

- (1)烘乾絲蘿若做成衣服，因鱗片構造具有很好的導流效果，雖然擴散能力略低於排汗衫，但是它能更快將水分蒸發。
- (2)因絲蘿纖維質的材質，能吸附氨及細菌分解的有機物，因此可達到除臭的效果。
- (3)因為鱗片的構造及排列，因此具有很好的散熱及抗輻射熱效果，所以穿在身上可以快速排除身上的熱也不易吸收外在熱。

2.除濕

絲蘿被烘乾之後，因為自身缺乏水分，所以將它放在空氣中，會因為纖維素的特性開始吸收水分，達到降低空氣中的溼度的效果

3.除臭

烘乾絲蘿及新鮮絲蘿都可以吸收氨和亞甲基藍，可知它具有除臭的效果，還能吸附有機物，若將它放在空氣中，因為空氣中有很多水分會將部分有機物溶於水中，再藉由絲蘿吸收便可將這些物質吸附，達到除臭，因為本實驗是將材質放在氨水及亞甲基藍溶液中，若能夠在密閉空間比較兩者吸附的差異，將能夠更了解他們得除臭能力。

柒、結論

根據絲蘿各種構造所擁有的特性，做了以下結論

構造	特性	功用
1.葉片溝槽	可涵養水分	將水分快速傳遞
2.葉片的含水率	含水率76%烘乾後可吸收較多水分	烘乾後可提高吸水量
3.鱗片紋路	有導流效果，有利毛細現象	加速水分傳遞至葉肉
4.鱗片的十字裂縫	像個凹洞，連接著葉肉	可將水分由此傳入葉肉
5.鱗片排列	1.具有方向性	使水分傳遞具有方向性
	2.鱗片間有許多空隙，構成多孔結構	1.可將熱快速散出 2.烘乾後使它蒸散能力增加
6.鱗片的距離	密集，可將水珠撐起	短暫防水能力
7.鱗片的形狀	像凹面鏡的構造可將熱反射	可做抗輻射效果
8.鱗片的成分	1.纖維質具親水基可吸附水分	可吸收空氣中水分，以此降低溼度
	2.可吸附氨及有機物	可除臭

捌、參考資料及其他:

- 一、鄭國彬、林偉達、李貴琪。春夏季運動服飾之功能性評估與測試方法
<http://163.20.12.10/mediafile/650006/fdownload/27/106/2010-11-16-11-46-47-106-nf1.pdf>
- 二、D.H.Benzing,J.Seemann,and A.Renfrow.1978.The Foliar Epidermis In Tillandsioideae (Bromeliaceae) And Its Bole In Habitat Selection. American Journal of Botany. Vol. 65. No.3. pp. 359-365.
- 三、Florida Forest Plants Spanish-moss(Tillandsia usneoides)
http://www.sfrc.ufl.edu/4h/Spanish_moss/spanmoss.htm
- 四、Frederick H. Billings.1904. A Study Of Tillandsia Usneoides. Botanical Gazette. Vol. 38. No.2. pp. 99-121.

【評語】 030816

利用自然界之絲蘿植物，探討其結構與吸水等特性，並應用於衣物上，是相當不錯的主題，而且實驗內容豐富，是件難得之佳作。

因主要是探討在衣物的應用，然衣物的功能，即使是排汗衫，也不只是吸水特性，或可跳脫此思考，應用在其他更可發揮其結構或吸水等功能之方面。