

# 中華民國第 58 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學(二)科

第三名

032914

會呼吸的瓶子—自製自動澆水器

學校名稱：臺中市立忠明高級中學(附設國中)

作者：  國三 蔡長佑  國二 黃彩容  國二 黃敏嘉	指導老師：  梁瑾瑩  柯麗文
---	-----------------------------

關鍵詞：自製澆水器、壓力變化、土壤濕度

## 摘要

本研究希望自製自動澆水器，解決市面上一些自動澆水器的不足，所使用的材料，也希望盡量合乎環保、隨手可得或是自製，所以我們採用回收再利用的寶特瓶並以 3D 列印製作其內部構造，最後設計出能因壓力變化而自動澆水之器具，透過實驗此澆水器確實可以保持毛巾或盆栽土壤濕度。

## 壹、研究動機

相信有種植盆栽的人都曾有過類似困擾：想出遠門，但又擔心植物太多天沒有澆水會枯死；或因不清楚植物需要的水量，過度澆水造成植物腐爛等狀況。市面上雖然也有販賣自動澆水器，但自動定時的電子儀器價格昂貴、滴水型的水量控制不易而水盆型的則容易過量而積水。因此我們想藉生活中容易取得的材料，設計一個簡單、環保又實用的自動澆水器。我們想到寶特瓶回收後，若在瓶身打洞，利用瓶內壓力的變化或許會有自動給水的效果，便著手朝這些方向研究。

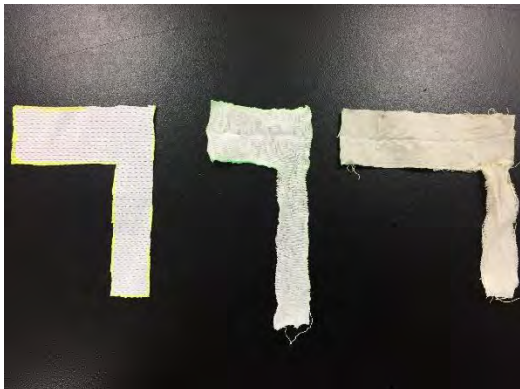
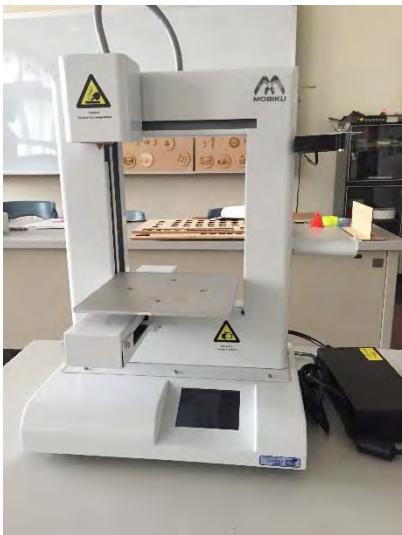
## 貳、研究目的及待答問題

為了完成自動澆水器的設計及測試其可用性，我們擬定以下的待答問題作為研究目的：

- 一、初步設計氣閥內部三層結構是否能順利運作，使寶特瓶穩定給水？
- 二、初步設計氣閥內部的填充物，分別有尿布、洗臉用蒟蒻、純棉布、內衣布，是否能使氣閥順利運作，使寶特瓶穩定給水？
- 三、氣閥內部單一結構，填充物分為純棉布、內衣布、排汗衫，可否讓毛巾或盆栽土壤保持濕度？
- 四、利用 3D 列印製作的氣閥，是否能使澆水器保持毛巾或盆栽土壤濕度？

## 參、研究設備及器材

本研究中所使用的材料及設備主要如下：

 <p>毛巾</p>	 <p>通氣管、L 型接頭、氣閥</p>
 <p>焊槍</p>	 <p>不同材質的布料 (含 80%人造纖維和 20%彈性纖維的排汗衫、含 60%棉和 40%聚酯纖維的內衣布、純綿布)</p>
 <p>3D 列印機</p>	 <p>解剖顯微鏡</p>



盆栽土壤



溼度計



長效通用肥料



洗臉用蒟蒻

## 肆、研究過程及方法

### 一、研究流程圖

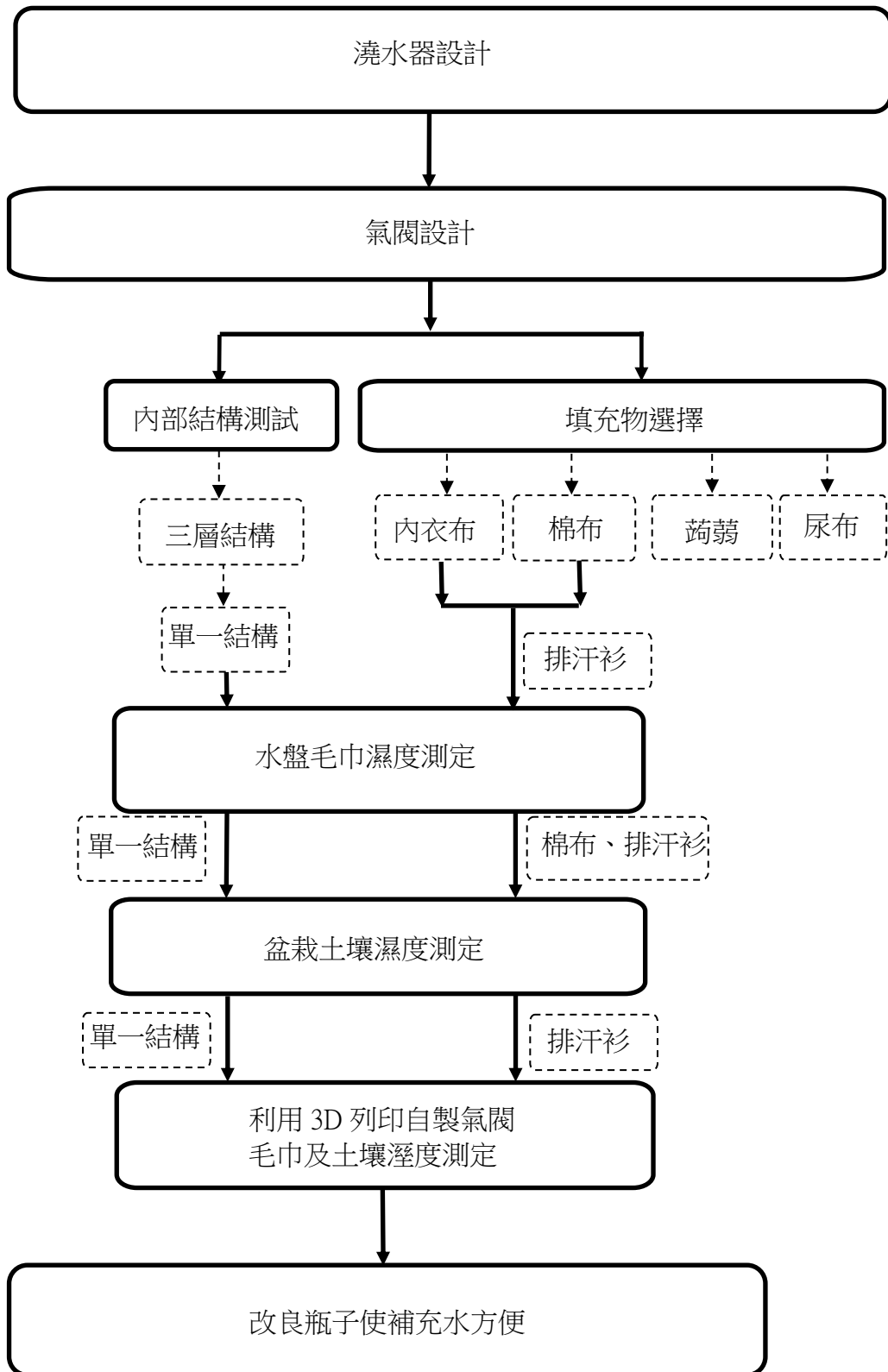


圖 1：研究流程圖

## 二、實驗流程設計：

### 實驗一：設計自動澆水器

- (一) 將寶特瓶打兩個小孔，因空氣能進入寶特瓶，使寶特瓶內外氣壓相等，此時在寶特瓶的小孔處，因瓶內的壓力（氣壓加上水壓）大於瓶外的壓力（大氣壓力），故水會從小孔流出。若能控制空氣的進入，就能控制滴水，即能適度控制澆灌水量而保持盆栽濕度。



圖 2：寶特瓶打兩個孔

- (二) 設計如下圖的實驗裝置，氣閥內塞入適當的材料，利用塞入材料『乾縮濕脹』特性調節空氣的流入。乾縮：當塞入材料水份少時，材質乾燥體積縮小，使空氣能通過空隙流入瓶內，瓶子開始滴水。濕脹：當塞入材料水份多時，材質潮濕體積膨脹，空隙被壓縮，空氣不能流入瓶內，瓶子停止滴水。

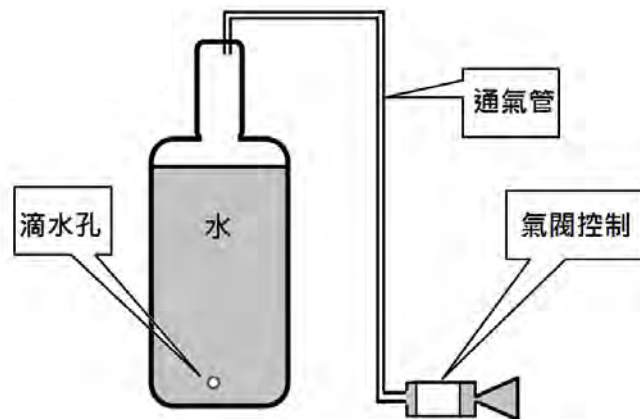


圖 3：自動澆水器設計圖

以寶特瓶作為澆水器的儲水瓶，在寶特瓶瓶身距離瓶底以標示記號的鐵片（圖 4）與焊槍鑽洞，使每個瓶子洞口一樣大小且距離瓶底一定的高度。

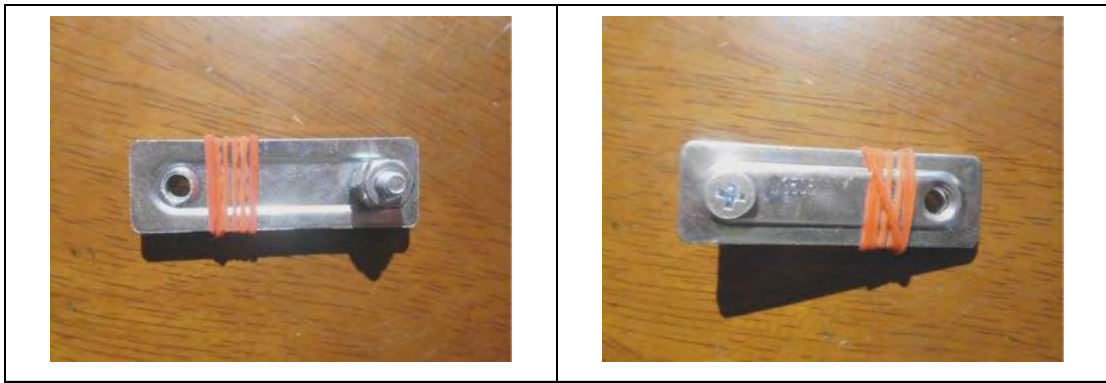


圖 4：寶特瓶打洞的鐵片

寶特瓶瓶蓋以鑿子鑽孔，接上 L 型管，再連接通氣管，將儲水瓶與氣閥連接起來（圖 5）。



圖 5：寶特瓶瓶蓋鑽孔（左上）、L 型管（右上），與通氣管、氣閥組裝

## 實驗二：氣閥設計

### (一) 內部結構：分成三層結構

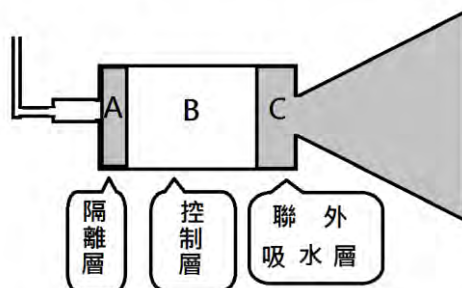


圖 6：氣閥設計

1. 隔離層：內塞三層濾紙，避免控制層滲入通氣管，造成阻塞。
2. 控制層：填入吸水性材質，利用其吸水後的膨脹，阻止空氣進入瓶內；乾燥後的縮小讓空氣能進入瓶內，促使水從小孔流出。
3. 聯外吸水層：此處以布條與外部接觸，使控制層與外界毛巾或土壤的乾濕一致。

### (二) 控制層填充物選擇

尿布、洗臉用蒔箭、純棉布、內衣布（60%棉、40%聚酯纖維）。

### (三) 氣閥材質測試

金屬材質與塑膠材質氣閥。



圖 7：金屬氣閥與塑膠氣閥

### (四) 針對氣閥的內部構造與填充物初步測試

如圖 8，以濕潤的毛巾模擬潮溼的土壤，檢測氣閥內部三層結構的想法與各種填充物的適用性。安裝前氣閥必須泡水全濕，通氣管不可有積水，毛巾先泡濕。氣閥若未泡水無法阻止通氣，寶特瓶內的水一下子便流出許多。



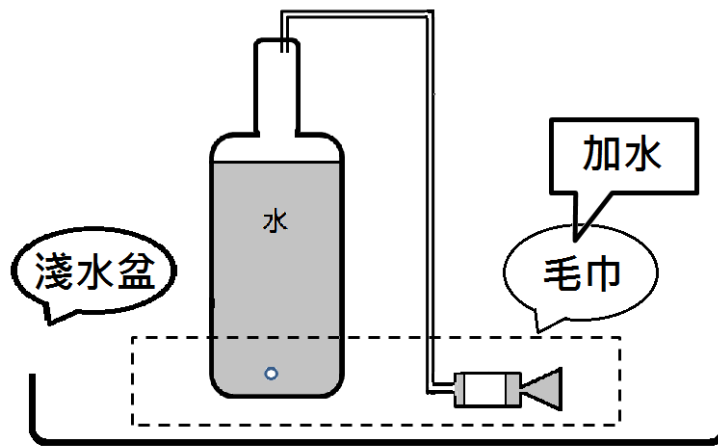


圖 8：初步實驗設計圖

**實驗三：確定自動澆水器的裝置後，將氣閥內塞入不同布料（純棉布、內衣布、排汗衫），架設在毛巾上，測量毛巾濕度**

裁剪純棉布、內衣布、排汗衫三種布，由同一個人塞入氣閥，塞入後用鑷子壓一壓，確保每個氣閥內的布緊度相同，且拉出氣閥外的布長度也相同。每一種布分別設置五組，共十五組，每天於相同時間（中午十二點半），以濕度計測量毛巾濕度並作記錄，持續測三個星期。此過程我們有放一塊泡濕毛巾在水盤上，但此水盆未裝置澆水器來做為對照組。



圖 9：剪不同的布塞入氣閥，設置十五組，觀察三個星期



圖 10：對照組

#### 實驗四：初步驗證澆水器是否能让土壤有保湿效果，觀察潮濕毛巾內若加入少量的長效通用肥料和泥土的濕度變化

取實驗三的兩組排汗衫，其中一組先加入長效通用肥料，觀察濕度三天，再加入泥土觀察濕度，另一組肥料及泥土都不加，兩者做濕度比對。



圖 11：加入肥料



圖 12：加入泥土與肥料

#### 實驗五：將氣閥內塞入純棉布和排汗衫，架設在種植白網紋的小盆栽上，測量土壤的濕度

氣閥內分別塞入純棉布和排汗衫，利用土壤盆栽實測，觀察自製的自動澆水器是否可應用在土壤盆栽中。另有一盆栽，其尚未架設澆水器作對照用。

實驗時土壤先拌濕，氣閥放入土壤時，怕土壤直接汙染氣閥，造成氣閥內填充物發霉或是其他無法預期狀況，於是我們先放入一些小石子再放氣閥，讓小石子幫助過濾一些雜質。

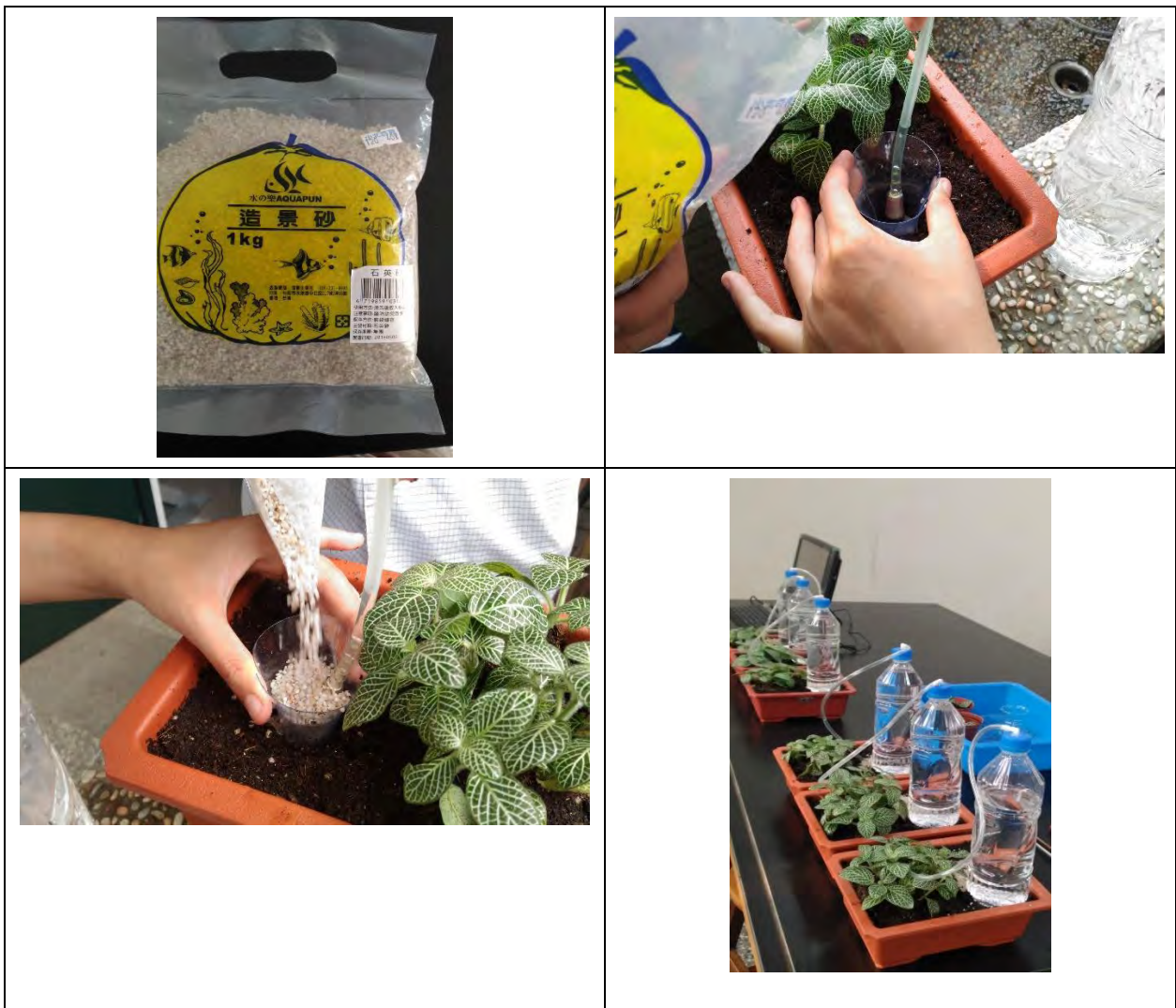


圖 13：將自動澆水器應用在土壤盆栽中

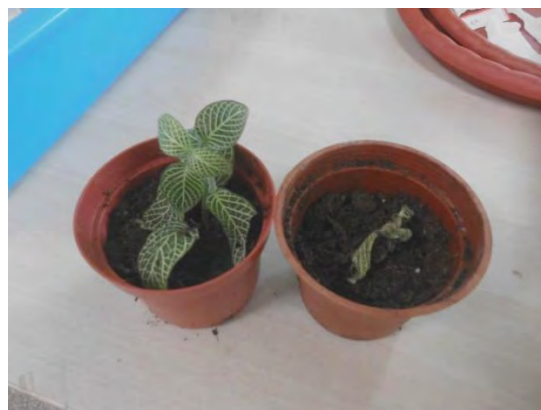


圖 14：對照組

**實驗六：嘗試利用 3D 列印製作氣閥，並將作出的氣閥內塞排汗衫，架設在毛巾上，測量毛巾的濕度**

我們設計的自動澆水器，以可回收再利用的寶特瓶為主體，若氣閥也利用以玉米、小麥等可自然分解之澱粉類材料於 3D 列印自製，不但可分享 3D 列印的格式數據更能使澆水器成為更友善環境的綠色產品。

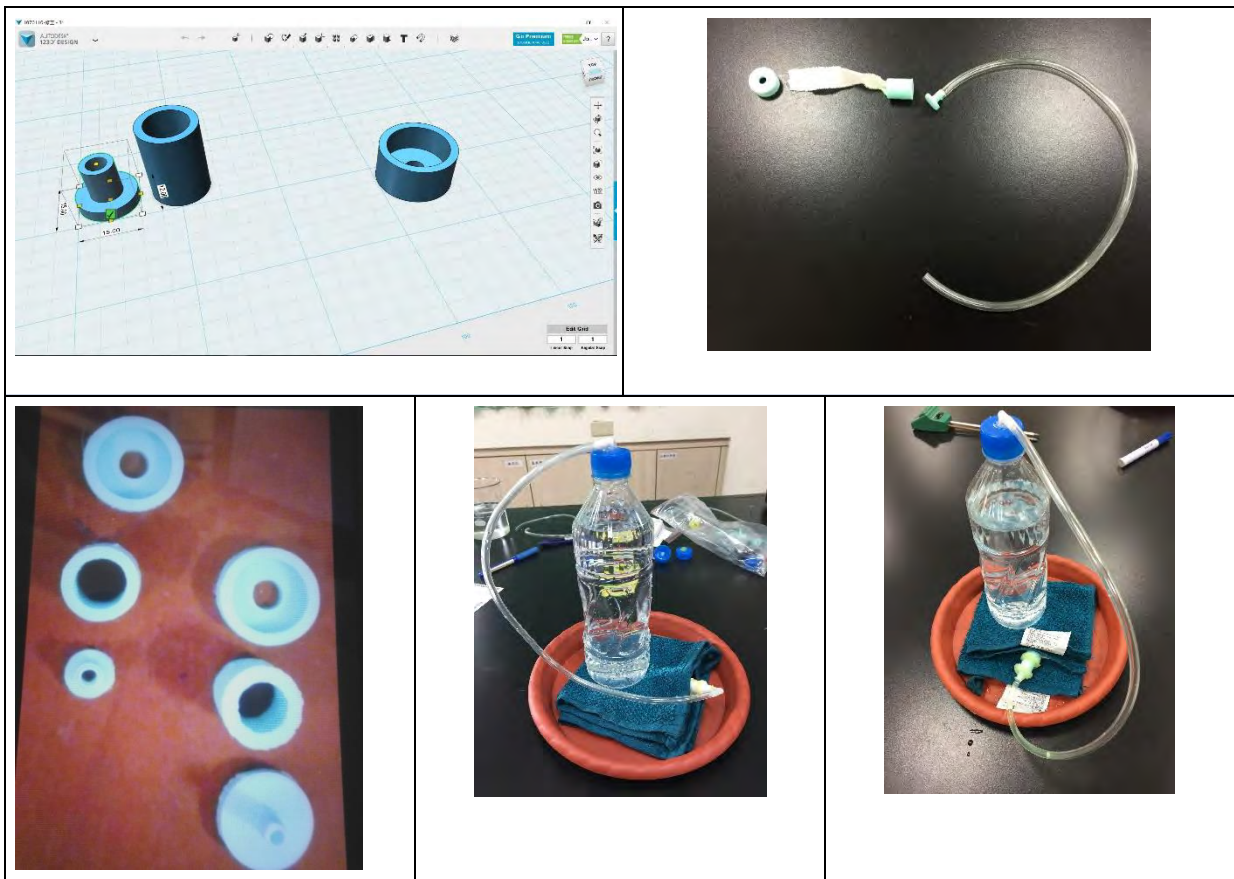


圖 15：利用 3D 列印自製氣閥測毛巾濕度

**實驗七：利用 3D 列印製作氣閥，氣閥內塞排汗衫，架設在盆栽土壤上，測量土壤濕度**

利用 3D 列印製作氣閥，氣閥內塞排汗衫，將澆水器架設在盆栽土壤上測土壤濕度。



圖 16：利用 3D 列印自製氣閥測土壤濕度

**實驗八：將瓶蓋打洞改成瓶身打洞，並將其架設在毛巾上測毛巾濕度**

原本設計瓶蓋打洞接管子到氣閥，寶特瓶要加水時因受限於管子，轉動瓶蓋並不容易，改成瓶身打洞如此加水較為方便。



圖 17：改成瓶身打洞

## 伍、研究結果

### 實驗一：設計自動澆水器；實驗二：氣閥設計

發現四種填充物（尿布、洗臉用蒔箭、純棉布、內衣布），尿布與洗臉用蒔箭因不易乾燥，所以空氣無法進入，無法適時補水，純棉布與內衣布較佳。

而三層結構中的隔離層，因濾紙潮濕會造成堵塞，與老師討論後我們把三層結構改成單一結構，即氣閥不再分成三層，填充物直接裁剪一特定形狀塞入氣閥內，再一部分拉出，接觸外界毛巾或土壤。

另外考量金屬材質氣閥較易氧化，故之後實驗選擇塑膠氣閥。於是，自動澆水器的裝置便確定，氣閥內是單一結構，取純棉布、內衣布，再加上排汗衫作為填充物，進行實驗三。



圖 18：將填充物裁剪成一特定形狀塞入氣閥，並留下一端拉出與外界接觸

實驗三：確定自動澆水器的裝置後，將氣閥內塞入不同布料（純棉布、內衣布、排汗衫），架設在毛巾上，測量毛巾濕度

表 1：氣閥塞入純棉布時 5 組的毛巾濕度

	日期	編號一			編號二			編號三			編號四			編號五		
裝置開始	11/3	1.6			2			1.9			1.6			1.9		
第一週	11/6	1.3			1.4			1.5			1.5			1.8		
		溼度計 A	溼度計 B	A B 平均	溼度計 A	溼度計 B	A B 平均	溼度計 A	溼度計 B	A B 平均	溼度計 A	溼度計 B	A B 平均	溼度計 A	溼度計 B	A B 平均
	11/7	1.5	1.1	1.3	1.5	1.1	1.3	1.8	1.3	1.6	1.7	1.1	1.4	1.5	1.0	1.3
	11/8	1.3	1.1	1.2	1.2	1.1	1.2	1.4	1.2	1.3	1.2	1.1	1.2	1.3	1.1	1.2
	11/9	1.7	1.3	1.5	1.2	1.2	1.2	1.8	1.6	1.7	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.4
	11/10	1.3	1.1	1.2	1.2	1.0	1.1	1.5	1.2	1.4	1.5	1.1	1.3	1.3	1.1	1.2
	11/11	1.3	1.2	1.3	1.2	1.0	1.1	1.3	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.0	1.2
第二週	11/14	1.4	1.3	1.4	1.0	1.0	1.0	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.4	1.1	1.3
	11/15	1.5	1.1	1.3	1.0	1.0	1.0	1.5	1.2	1.4	1.4	1.1	1.3	1.4	1.1	1.3
	11/16	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5	1.6	1.4	1.5	1.5	1.3	1.4
	11/17	1.7	1.3	1.5	1.8	1.3	1.6	1.8	1.3	1.6	1.7	1.3	1.5	1.7	1.4	1.6
第三週	11/20	1.6	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.9	1.6	1.8	1.6	1.4	1.5	1.6	1.4	1.5
	11/21	1.8	1.4	1.6	1.6	1.3	1.5	1.7	1.5	1.6	2.0	1.7	1.9	1.8	1.4	1.6
	11/22	1.8	1.8	1.8	1.2	1.2	1.2	2.0	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	1.7	1.5	1.6
	11/23	1.7	1.5	1.6	1.5	1.2	1.4	2.0	1.7	1.9	2.1	1.8	2.0	1.8	1.3	1.6
	11/24	1.6	1.5	1.6	1.1	1.0	1.1	2.0	1.6	1.8	2.0	1.8	1.9	1.6	1.2	1.4
第四週	11/27	1.3	1.2	1.3	1.0	1.0	1.0	1.5	1.2	1.4	1.7	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5
	11/28	1.3	1.2	1.3	1.0	1.0	1.0	1.8	1.8	1.8	1.5	1.4	1.5	1.6	1.5	1.6
	11/30	1.2	1.0	1.1	1.0	1.0	1.0	1.7	1.6	1.7	1.6	1.3	1.5	1.5	1.2	1.4

表 1 中，取 AB 平均數值做為每一組的溼度數據。

表 2：氣閥塞入純棉布 5 組濕度與濕度平均

日期	編號一 濕度	編號一 備註	編號二 濕度	編號二 備註	編號三 濕度	編號三 備註	編號四 濕度	編號四 備註	編號五 濕度	編號五 備註
11/6	1.3	無回流	1.4	無回流	1.5	無回流	1.5	無回流	1.8	無回流
11/7	1.3	無回流	1.3	無回流	1.6	無回流	1.4	無回流	1.3	無回流
11/8	1.2	無回流	1.2	無回流	1.3	無回流	1.2	無回流	1.2	無回流
11/9	1.5	無回流	1.2	無回流	1.7	無回流	1.4	無回流	1.4	無回流
11/10	1.2	無回流	1.1	無回流	1.4	無回流	1.3	無回流	1.2	無回流
11/11	1.3	無回流	1.1	無回流	1.3	無回流	1.3	無回流	1.2	無回流
11/14	1.4	無回流	1.0	無回流	1.4	無回流	1.3	無回流	1.3	無回流
11/15	1.3	無回流	1.0	無回流	1.4	無回流	1.3	無回流	1.3	無回流
11/16	1.4	無回流	1.5	回流 11.10 cm	1.5	回流 8.30cm	1.5	無回流	1.4	無回流
11/17	1.5	無回流	1.6	回流 8.70cm	1.6	回流 2.70cm	1.5	無回流	1.6	無回流
11/20	1.5	無回流	1.5	回流 7.30cm	1.8	無回流	1.5	無回流	1.5	無回流
11/21	1.6	無回流	1.5	回流 7.10cm	1.6	無回流	1.9	回流 2.50cm	1.6	無回流
11/22	1.8	無回流	1.2	回流 7.30cm	2.0	無回流	2.0	回流 3.40cm	1.6	無回流
11/23	1.6	無回流	1.4	回流 6.70cm	1.9	回流 3.50cm	2.0	回流 3.10cm	1.6	無回流
11/24	1.6	無回流	1.1	回流 6.50cm	1.8	無回流	1.9	回流 2.70cm	1.4	無回流
11/27	1.3	無回流	1.0	回流 6.00cm	1.4	無回流	1.5	回流 2.00cm	1.5	無回流
11/28	1.3	無回流	1.0	回流 5.80cm	1.8	無回流	1.5	回流 1.40cm	1.6	無回流
11/30	1.1	無回流	1.0	回流 6.00cm	1.7	無回流	1.5	回流 3.20cm	1.4	無回流
濕度 平均	1.3		1.2		1.6		1.5		1.4	

表 3：對照組

日期	對照組濕度
11/3	1.2
11/6~11/11	0.0
11/14~11/17	0.0
11/20~11/24	0.0

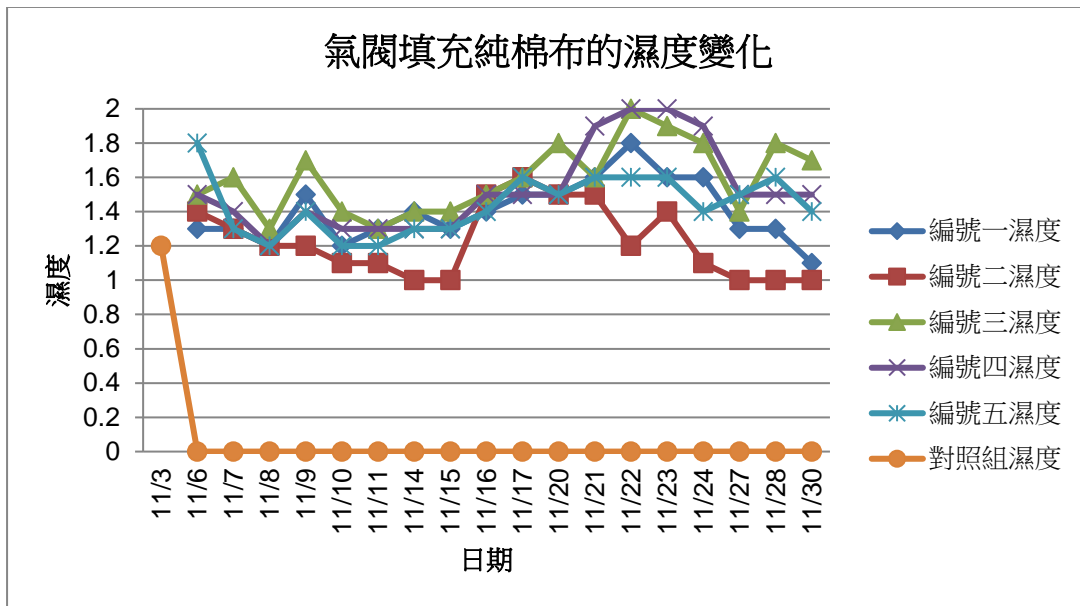


圖 19：填充純棉布的濕度變化

由圖 19，可以看出對照組濕度明顯下降，其餘有架設澆水器的毛巾溼度仍有保持。

表 4：氣閥塞入內衣布時 5 組的毛巾濕度

	日期	編號一			編號二			編號三			編號四			編號五		
裝置開始	11/3	1.7			1.6			1.7			1.6			1.2		
第一週	11/6	1.4			1.6			1.6			1.7			1.4		
		溼度計 A	溼度計 B	A B 平均	溼度計 A	溼度計 B	A B 平均	溼度計 A	溼度計 B	A B 平均	溼度計 A	溼度計 B	A B 平均	溼度計 A	溼度計 B	A B 平均
	11/7	1.2	1.3	1.3	1.2	1.9	1.6	1.1	1.1	1.1	1.0	1.6	1.3	1.2	1.2	1.2
	11/8	1.3	1.2	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4



	11/9	1.4	1.2	1.3	1.5	1.3	1.4	1.3	1.2	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3	1.2	1.2
	11/10	1.3	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.1	1.3	1.4	1.2	1.3	1.4	1.2	1.3
	11/11	1.3	1.2	1.3	1.3	1.2	1.3	1.5	1.3	1.4	1.3	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3
第二週	11/14	1.4	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.4	1.5	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4
	11/15	1.4	1.1	1.3	1.5	1.1	1.3	1.5	1.1	1.3	1.7	1.2	1.5	1.4	1.1	1.2
	11/16	1.6	1.4	1.5	1.7	1.4	1.6	1.7	1.4	1.6	1.6	1.4	1.5	1.6	1.4	1.5
	11/17	1.5	1.3	1.4	1.5	1.3	1.4	1.5	1.2	1.4	1.5	1.3	1.4	1.6	1.3	1.4
第三週	11/20	1.5	1.3	1.4	1.7	1.4	1.6	1.6	1.5	1.6	1.6	1.4	1.5	1.5	1.3	1.4
	11/21	1.6	1.4	1.5	1.7	1.4	1.6	1.5	1.3	1.4	1.7	1.3	1.5	1.5	1.2	1.3
	11/22	1.4	1.4	1.4	1.7	1.4	1.6	1.6	1.4	1.5	1.3	1.4	1.4	1.6	1.5	1.5
	11/23	1.6	1.5	1.6	1.7	1.4	1.6	1.7	1.5	1.6	1.7	1.4	1.6	1.7	1.4	1.5
	11/24	1.8	1.5	1.7	1.8	1.4	1.6	1.9	1.5	1.7	1.8	1.4	1.6	1.7	1.5	1.6
第四週	11/27	1.7	1.3	1.5	1.6	1.2	1.4	1.6	1.3	1.5	1.5	1.2	1.4	1.4	1.4	1.4
	11/28	1.5	1.2	1.4	1.4	1.3	1.4	1.4	1.2	1.3	1.4	1.3	1.4	1.5	1.2	1.3
	11/30	1.3	1.2	1.3	1.3	1.2	1.3	1.5	1.2	1.4	1.3	1.2	1.3	1.5	1.3	1.4

表 4 中，取 AB 平均數值做為每一組的溼度數據。

表 5：氣閥塞入內衣布 5 組毛巾濕度與濕度平均

日期	編號一 濕度	編號一 備註	編號二 濕度	編號二 備註	編號三 濕度	編號三 備註	編號四 濕度	編號四 備註	編號五 濕度	編號五 備註
11/6	1.4	無回流	1.6	無回流	1.6	無回流	1.7	無回流	1.4	無回流
11/7	1.3	無回流	1.6	無回流	1.1	無回流	1.3	無回流	1.2	無回流
11/8	1.3	無回流	1.3	無回流	1.3	無回流	1.4	無回流	1.4	無回流
11/9	1.3	無回流	1.4	無回流	1.3	無回流	1.3	無回流	1.2	無回流
11/10	1.2	無回流	1.3	無回流	1.3	無回流	1.3	無回流	1.3	無回流
11/11	1.3	無回流	1.3	無回流	1.4	無回流	1.3	無回流	1.3	無回流
11/14	1.3	無回流	1.4	無回流	1.4	無回流	1.5	無回流	1.4	無回流
11/15	1.3	無回流	1.3	無回流	1.3	無回流	1.5	無回流	1.2	無回流
11/16	1.5	無回流	1.6	無回流	1.6	無回流	1.5	無回流	1.5	無回流
11/17	1.4	無回流	1.4	無回流	1.4	無回流	1.4	無回流	1.4	無回流
11/20	1.4	無回流	1.6	無回流	1.6	無回流	1.5	無回流	1.4	無回流

11/21	1.5	無回流	1.6	無回流	1.4	無回流	1.5	無回流	1.3	無回流
11/22	1.4	無回流	1.6	無回流	1.5	無回流	1.4	無回流	1.5	無回流
11/23	1.6	無回流	1.6	無回流	1.6	無回流	1.6	無回流	1.5	無回流
11/24	1.7	無回流	1.6	無回流	1.7	無回流	1.6	無回流	1.6	無回流
11/27	1.5	無回流	1.4	無回流	1.5	無回流	1.4	無回流	1.4	無回流
11/28	1.4	無回流	1.4	無回流	1.3	無回流	1.4	無回流	1.3	無回流
11/30	1.3	無回流	1.3	無回流	1.4	無回流	1.3	無回流	1.4	無回流
濕度平均	1.4	無回流	1.5	無回流	1.4	無回流	1.4	無回流	1.4	無回流

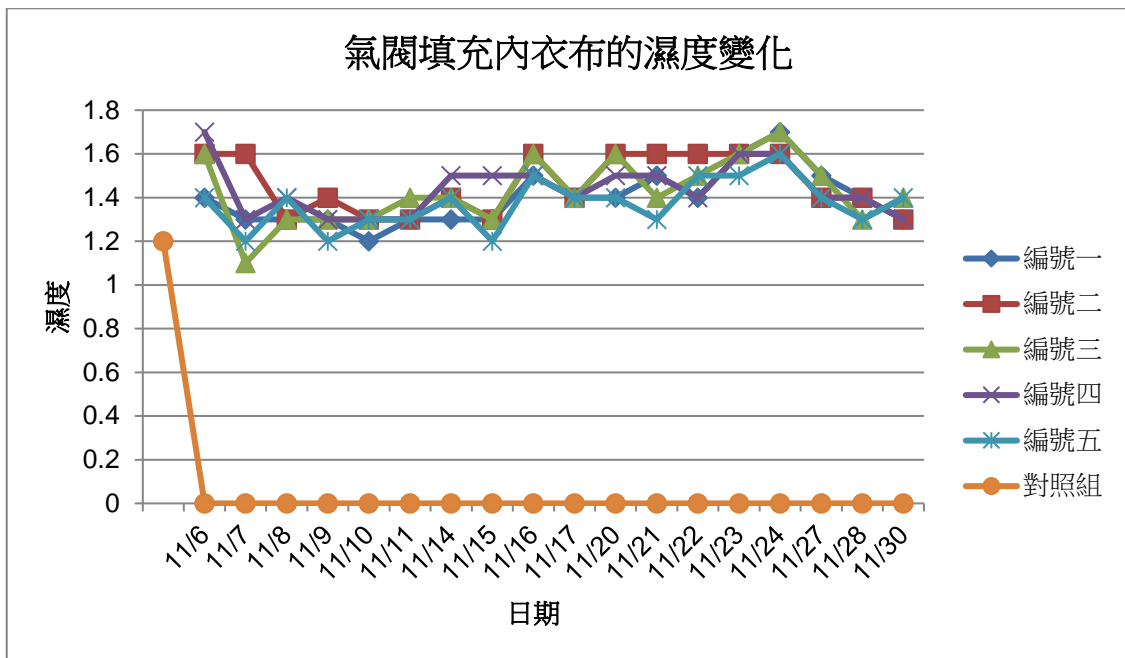


圖 20：填充內衣布的濕度變化

由上圖可以明顯看出，具有澆水器的組別濕度有所保持。

表 6：氣閥塞入排汗衫時 5 組的毛巾濕度

	日期	編號一	編號二	編號三	編號四	編號五
裝置開始	11/3	2.8	2.1	3.0	2.5	1.9
第	11/6	1.5	1.8	1.8	1.6	1.7

一週		溼度計 A	溼度計 B	A B 平均	溼度計 A	溼度計 B	A B 平均	溼度計 A	溼度計 B	A B 平均	溼度計 A	溼度計 B	A B 平均	溼度計 A	溼度計 B	A B 平均
	11/7	1.2	1.1	1.2	1.2	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.2	1.1	1.2	1.4	1.2	1.3
	11/8	1.4	1.3	1.4	1.5	1.4	1.5	1.3	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.4
	11/9	1.4	1.3	1.4	1.5	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.3	1.3	1.3	1.4	1.3	1.4
	11/10	1.5	1.2	1.4	1.5	1.4	1.5	1.6	1.3	1.5	1.3	1.2	1.3	1.3	1.2	1.3
	11/11	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5	1.4	1.2	1.3	1.4	1.3	1.4	1.3	1.4	1.4
第二週	11/14	1.4	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.4	1.5	1.3	1.2	1.3	1.4	1.3	1.4
	11/15	1.4	1.1	1.3	1.5	1.2	1.4	1.3	1.1	1.2	1.4	1.1	1.3	1.4	1.2	1.3
	11/16	1.5	1.3	1.4	1.5	1.4	1.5	1.6	1.5	1.6	1.6	1.4	1.5	1.7	1.5	1.6
	11/17	1.7	1.3	1.5	1.5	1.2	1.4	1.8	1.2	1.5	1.6	1.2	1.4	1.5	1.3	1.4
第三週	11/20	1.6	1.4	1.5	1.9	1.6	1.8	1.8	1.5	1.7	2.0	1.5	1.8	1.7	1.4	1.6
	11/21	1.8	1.5	1.7	1.8	1.3	1.6	1.8	1.5	1.7	1.6	1.5	1.6	1.6	1.5	1.6
	11/22	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5	1.4	1.5	1.5	1.4	1.5
	11/23	1.7	1.4	1.6	1.7	1.5	1.6	1.8	1.5	1.7	1.8	1.5	1.7	1.7	1.4	1.6
	11/24	1.5	1.5	1.5	1.8	1.5	1.7	1.8	1.6	1.7	1.8	1.5	1.7	1.6	1.5	1.6
第四週	11/27	1.4	1.3	1.4	1.7	1.3	1.5	1.5	1.3	1.4	1.7	1.2	1.5	1.7	1.3	1.4
	11/28	1.4	1.3	1.4	1.5	1.4	1.5	1.6	1.3	1.5	1.4	1.2	1.3	1.4	1.3	1.3
	11/30	1.3	1.3	1.3	1.5	1.3	1.4	1.7	1.2	1.5	1.5	1.3	1.4	1.4	1.2	1.3

表 6 中，取 AB 平均數值做為每一組的溼度數據。

表 7：氣閥塞入排汗衫 5 組毛巾濕度與濕度平均

日期	編號一 濕度	編號一 備註	編號二 濕度	編號二 備註	編號三 濕度	編號三 備註	編號四 濕度	編號四 備註	編號五 濕度	編號五 備註
11/6	1.5	無回流	1.8	無回流	1.8	無回流	1.6	無回流	1.7	無回流
11/7	1.2	無回流	1.2	無回流	1.3	無回流	1.2	無回流	1.3	無回流
11/8	1.4	無回流	1.5	無回流	1.3	無回流	1.4	無回流	1.4	無回流
11/9	1.4	無回流	1.4	無回流	1.5	無回流	1.3	無回流	1.4	無回流
11/10	1.4	無回流	1.5	無回流	1.5	無回流	1.3	無回流	1.3	無回流

11/11	1.3	無回流	1.5	無回流	1.3	無回流	1.4	無回流	1.4	無回流
11/14	1.3	無回流	1.4	無回流	1.5	無回流	1.3	無回流	1.4	無回流
11/15	1.3	無回流	1.4	無回流	1.2	無回流	1.3	無回流	1.3	無回流
11/16	1.4	無回流	1.5	無回流	1.6	無回流	1.5	無回流	1.6	無回流
11/17	1.5	無回流	1.4	無回流	1.5	無回流	1.4	無回流	1.4	無回流
11/20	1.5	無回流	1.8	無回流	1.7	無回流	1.8	無回流	1.6	無回流
11/21	1.7	無回流	1.6	無回流	1.7	無回流	1.6	無回流	1.6	無回流
11/22	1.5	無回流	1.5	無回流	1.4	無回流	1.5	無回流	1.5	無回流
11/23	1.6	無回流	1.6	無回流	1.7	無回流	1.7	無回流	1.6	無回流
11/24	1.5	無回流	1.7	無回流	1.7	無回流	1.7	無回流	1.6	無回流
11/27	1.4	無回流	1.5	無回流	1.4	無回流	1.5	無回流	1.4	無回流
11/28	1.4	無回流	1.5	無回流	1.5	無回流	1.3	無回流	1.3	無回流
11/30	1.3	無回流	1.4	無回流	1.5	無回流	1.4	無回流	1.3	無回流
濕度平均	1.4		1.5		1.5		1.5		1.5	

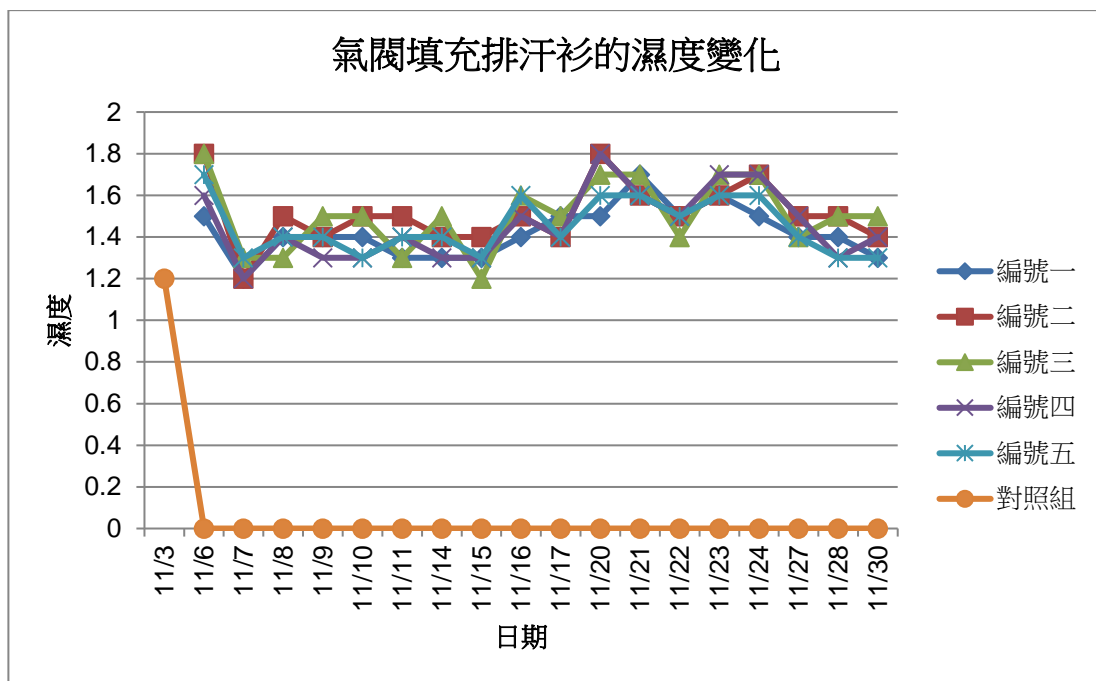


圖 21：填充排汗衫的濕度變化

由圖 21 可以看出，架設澆水器的組別濕度有所保持，有別於對照組。此外，溼度計指數 3 以下為乾燥，水盆毛巾實驗溼度指數皆為 2.0 以下，可是毛巾卻是明顯濕潤！推測原因：溼度計以導電強弱為溼度測量參考，因寶特瓶使用自來水，電解質濃度低影響導電度，

故指數偏低。若以土壤盆栽實測，因電解質高，相同的濕潤度，指數應會升高。因此實驗三結束後，取兩組氣閥塞排汗衫的澆水器，先初步測試是否能讓土壤有保濕效果，故進行實驗四。因我們發現純棉布有較多的回流情況，又考量內衣布本身亦含有棉質的成分，故最終摒除內衣布而取純棉布與排汗衫進行實驗五。

**實驗四：初步驗證澆水器是否能讓土壤有保濕效果，觀察潮濕毛巾內若加入少量的長效通用肥料和泥土的濕度變化**

表 8：加入肥料、泥土與對照組的溼度

	第一組濕度	第二組濕度（都未加入肥料和泥土，對照用）
12/1（未加肥料和泥土）	1.5	1.5
12/2（加入肥料）	1.4	1.4
12/3（加入肥料）	1.4	1.4
12/4（加入肥料）	1.4	1.4
12/5（加入肥料和泥土）	3.0	1.4

由表 8，證實自來水導電度差，使溼度計不靈敏，讀數偏低，故推測實驗五因作土壤實測，其溼度數據將會高於實驗三的數據。

**實驗五：將氣閥內塞入純棉布和排汗衫，架設在種植白網紋的小盆栽上，測量土壤的濕度**

表 9：氣閥塞入純棉布，3 組土壤的濕度、濕度平均、標準差

日期	編號一		編號二		編號三	
	濕度	備註	濕度	備註	濕度	備註
12/15	6.0	回流	7.8	回流	7.6	回流
12/18	6.2	無回流	7.0	回流上升	7.3	回流下降
12/19	8.0	無回流	8.1	回流下降	7.9	回流下降
12/20	7.5	無回流	8.3	回流上升	8.7	回流上升
12/21	6.5	無回流	7.0	回流	7.2	回流
12/22	5.6	無回流	6.8	回流	7.5	回流
12/25	8.7	無回流	8.4	回流上升	7.9	回流下降
12/26	8.0	無回流	7.5	回流	7.9	回流
12/27	7.0	無回流	6.9	回流	7.0	回流
12/28	7.5	無回流	6.9	回流	7.0	回流
12/29	7.9	無回流	6.9	回流	7.0	回流
1/2	7.0	無回流	5.9	回流	6.6	回流

1/3	6.3	無回流	5.9	回流	7.0	回流
1/4	6.5	無回流	5.9	回流	6.9	回流
1/5	6.6	無回流	5.3	回流	7.0	回流
濕度 平均	7.0		7.0		7.4	
標準差	0.88		0.94		0.55	

表 10：氣閥塞入排汗衫，3 組土壤的濕度、濕度平均、標準差

日期	編號一		編號二		編號三	
	濕度	備註	濕度	備註	濕度	備註
12/15	7.1	回流	9.4	回流	9.1	回流
12/18	7.1	無回流	9.0	回流下降	8.8	回流下降
12/19	8.2	無回流	9.0	無回流	8.7	回流下降
12/20	8.1	無回流	8.1	無回流	8.5	無回流
12/21	7.0	無回流	6.9	無回流	7.8	無回流
12/22	6.0	無回流	7.2	無回流	6.8	無回流
12/25	8.0	無回流	9.5	無回流	8.8	無回流
12/26	5.9	無回流	7.8	無回流	7.9	無回流
12/27	6.5	無回流	7.1	無回流	8.0	無回流
12/28	7.5	無回流	7.5	無回流	7.9	無回流
12/29	7.0	無回流	7.1	無回流	7.0	無回流
1/2	6.0	無回流	6.9	無回流	7.9	無回流
1/3	6.0	無回流	7.0	無回流	7.0	無回流
1/4	6.8	無回流	7.8	無回流	7.3	無回流
1/5	7.0	無回流	8.5	無回流	7.8	無回流
濕度 平均	6.9		7.9		8.0	
標準差	0.77		0.94		0.72	

表 11：對照組

日期/溼度	對照組
12/15	7.4
12/18	6.0
12/19	4.5
12/20	3.2
12/21	2.5
12/22	2.2

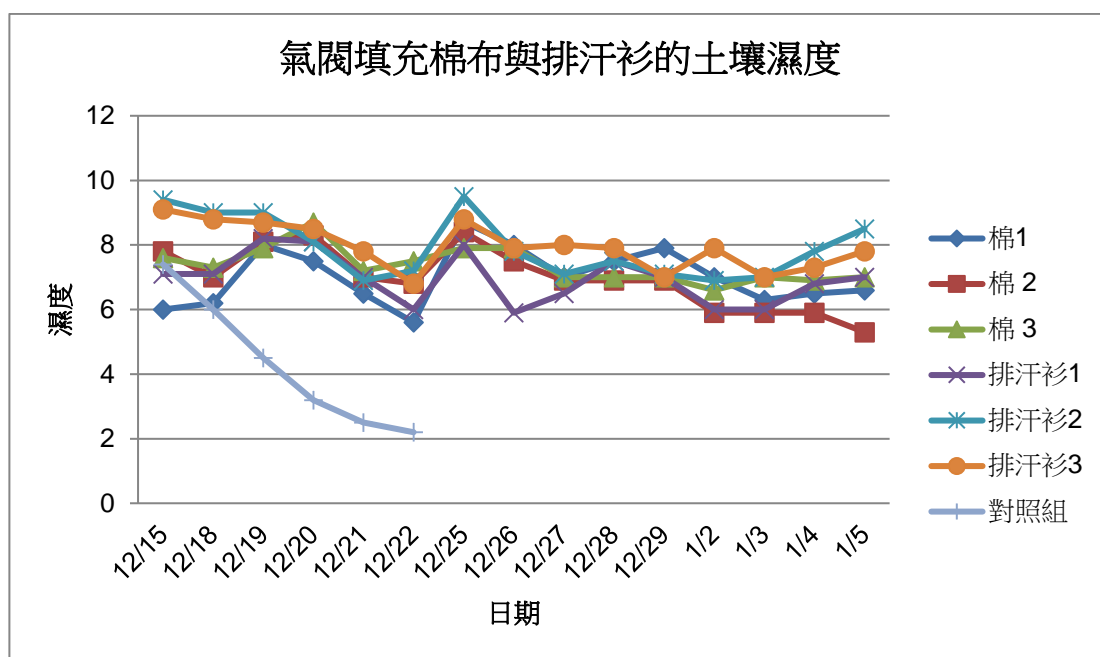


圖 22：填充棉布、排汗衫的兩種澆水器與對照組的土壤濕度比較

由圖 22，對照組濕度明顯下降，土壤盆栽有架設澆水器的實驗組，有維持濕度。

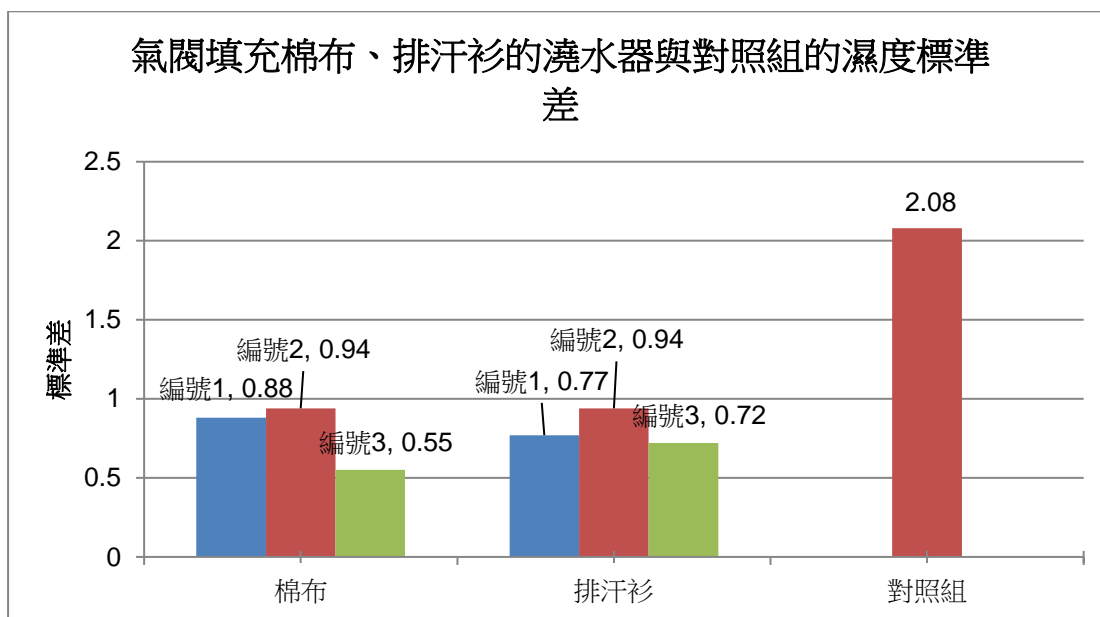


圖 23：填充棉布、排汗衫的兩種澆水器與對照組的溼度標準差比較

由圖 23，我們可以明顯看出對照組的標準差大於實驗組，表示土壤盆栽上若架設有自動澆水器，濕度可以較穩定維持。

**實驗六：利用 3D 列印製作氣閥，並將氣閥內塞排汗衫架設在毛巾上測量毛巾濕度**

表 12：3D 列印製作氣閥，2 組毛巾濕度

日期	白色止逆閥		綠色止逆閥	
	濕度	備註	濕度	備註
1/29	1.6			
1/30	2.1	回流 17cm	1.6	
1/31	2.0	回流 16.8cm	1.8	回流 16cm
2/1	1.3	回流 16.5cm	1.3	回流 14.2cm
2/2	1.2	回流 17cm	1.3	回流 15.8cm
2/5	1.2	無回流	1.2	回流 11.5cm
濕度平均	1.2		1.3	

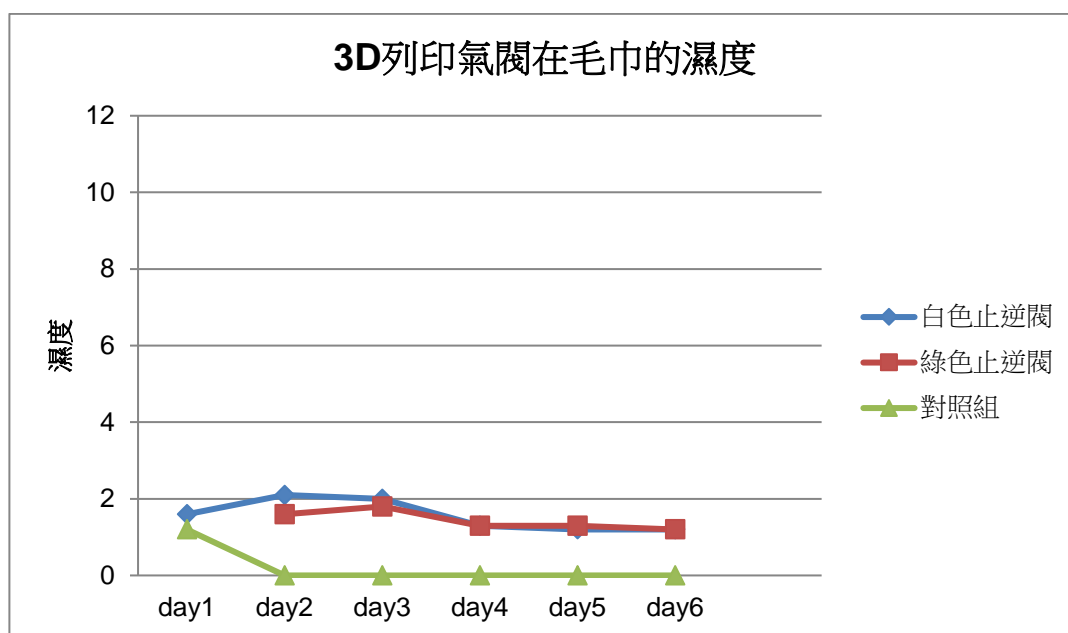


圖 24：填充排汗衫的 3D 列印氣閥，毛巾濕度變化圖

上圖與實驗三對照組（表 3）對照，可發現 3 D 列印的氣閥發揮作用，維持毛巾濕度。

**實驗七：利用 3D 列印製作氣閥，氣閥內塞排汗衫架設在盆栽土壤上，測量土壤濕度**



表 13 : 3D 列印氣閥，氣閥內塞排汗衫所測土壤濕度

日期	編號一		編號二	
	濕度	備註	濕度	備註
4/30	大於 10.0	無	大於 10.0	無
5/1	大於 10.0	無	大於 10.0	無
5/2	10.0	無	大於 10.0	無
5/3	10.0	無	10.0	無
5/4	大於 10.0	無	大於 10.0	無
5/7	9.5	無	9.0	無
5/8	9.0	無	9.7	管內有水柱
5/9	9.0	無	9.0	無
5/10	大於 10.0	無	9.9	無
5/11	大於 10.0	寶特瓶加水	9.2	寶特瓶加水
5/14	9.7	無	大於 10.0	無
5/15	9.5	無	大於 10.0	無
5/16	9.9	無	9.8	無
5/17	9.1	無	大於 10.0	無
5/18	10.0	無	大於 10.0	無
5/21	9.1	無	10.0	無
5/22	10.0	無	大於 10.0	無
5/23	8.9	無	9.0	無
5/24	大於 10.0	無	大於 10.0	寶特瓶加水
5/25	9.2	無	10.0	無

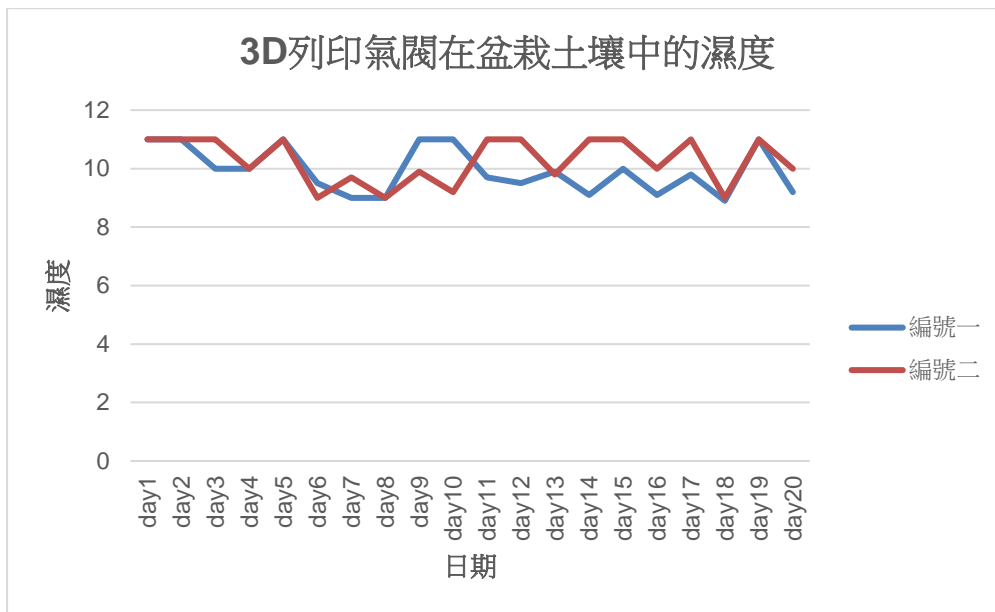


圖 25：填充排汗衫的 3D 列印氣閥，土壤濕度變化圖

上圖 25 大於 10 的溼度數據，作圖時我們標示在濕度 11。可發現 3 D 列印製作的氣閥維持土壤濕度。

#### 實驗八：將瓶蓋打洞改成平身打洞，並將其架設在毛巾上測毛巾濕度

表 14：改成平身打洞所測毛巾濕度

日期	濕度	回流	備註
4/30	1.4	無回流	無
5/1	1.7	無回流	無
5/2	1.7	無回流	無
5/3	1.7	無回流	無
5/4	2.8	無回流	無
5/7	1.8	無回流	無
5/8	1.5	無回流	無
5/9	1.7	無回流	無
5/10	4.0	無回流	無
5/11	3.5	無回流	無
5/14	3.1	無回流	無
5/15	3.0	無回流	無
5/16	1.5	無回流	無
5/17	2.7	無回流	無

5/18	3.4	無回流	無
5/21	3.4	無回流	寶特瓶加水
5/22	2.2	無回流	無
5/23	3.5	無回流	無
5/24	2.8	無回流	無
5/25	3.8	無回流	無

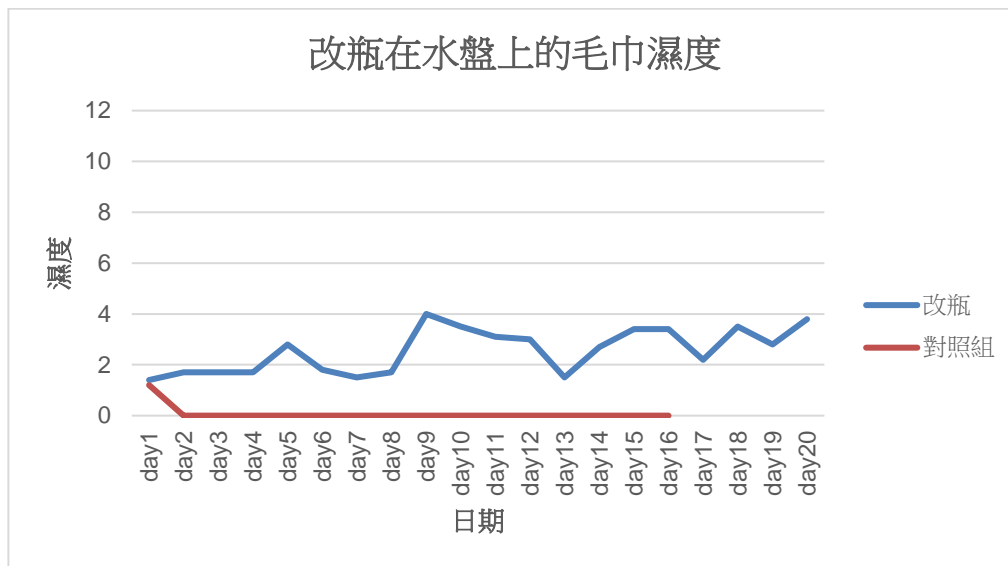


圖 26：平身打洞時毛巾濕度；取實驗三的對照組數據（表 3）作為對照  
由圖 26 可以看出，打洞在瓶身的澆水器可以維持毛巾濕度。

## 陸、討論與分析

### 討論一：通氣管回流現象



圖 27：通氣管回流現象

實驗過程通氣管時有回流現象，推測有時候是毛巾或土壤潮濕，連接外界與通氣管內氣體的气閥端，由於受到外在氣壓的推擠，使毛巾或土壤內的水分被推入通氣管，當毛巾或土壤慢慢變乾時，會吸取氣閥填充物的水分，回流便會下降。

表 2 顯示，實驗三的純棉布 2 號在 11/16 有回流現象，回流之前純棉布 2 號毛巾較其他組乾涸，回流發生後毛巾明顯濕潤，由數據也可以看出回流之後濕度增加。推測 2 號是因純棉布內有發霉造成阻塞，氣體無法通入水無法滴出，因乾涸太久發霉部份也乾掉，使氣閥暢通，寶特瓶瞬間補水太多，才造成回流現象。數據也顯示，之後回流高度下降，毛巾濕度也漸下降。

為了驗證純棉布 2 號是否有因發霉堵塞，實驗結束後，我們將十五組氣閥內的填充布攤開比對（圖 28），發現純棉布 2 號確實黑色斑點多，也看出棉布比起內衣布、排汗衫有較多斑點且霉味重。



圖 28：將十五組的填充布攤開

將填充布放入解剖顯微鏡下觀察，圖 29 顯示，在顯微鏡下純棉布 2 號黑色斑點（左圖）和排汗衫無斑點（右圖）的狀況。

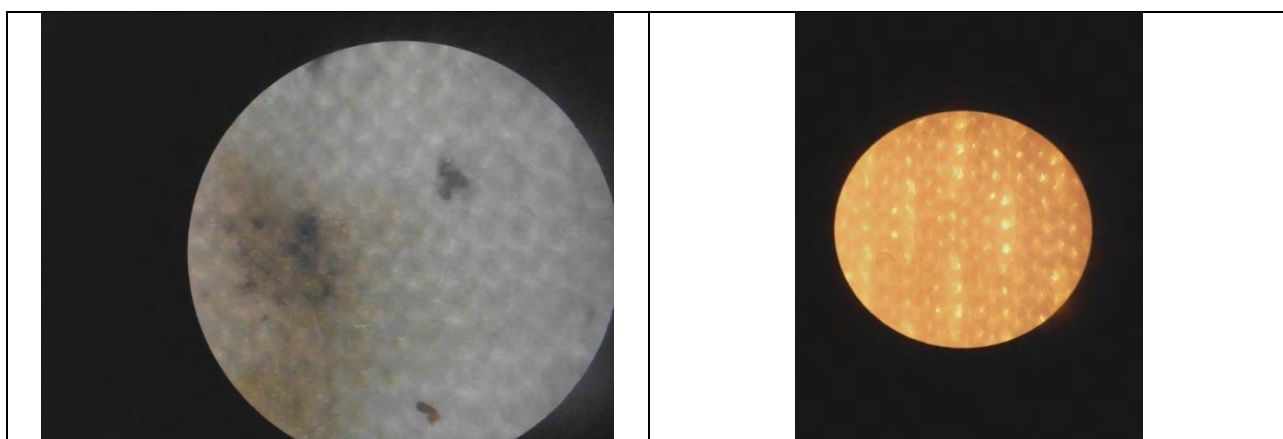


圖 29：純棉布 2 號黑色斑點和排汗衫無斑點

## 討論二：實驗五塞棉布的組別回流明顯

實驗五氣閥塞棉布的組別中，有兩組回流明顯，但其土壤並無實驗三時的純棉布 2 號，有一段時間毛巾嚴重乾涸。結束實驗後我們將填充布攤開，發現回流明顯的兩組，原先從氣

閥中拉出的純棉布已與氣閥斷開。因氣閥塞在土壤中，純棉布何時斷開不清楚，但從表 9 研究塞純棉布編號 2 的數據濕度明顯下降，故推測棉布斷開後，與原先的氣閥已無關聯性，通氣管維持原先的回流狀態，氣閥無法偵測土壤溼度，澆水器不補水，土壤濕度下降。

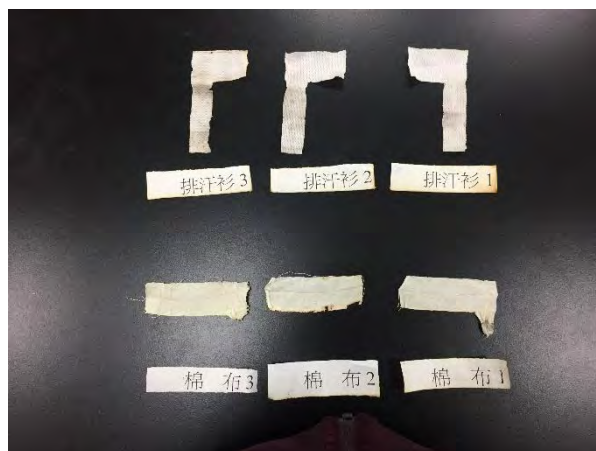


圖 30：純棉布斷裂，排汗衫沒有

### 討論三：實驗三、實驗五、實驗六、實驗七與實驗八的結果顯示自動澆水器確實有適時補水功能

由實驗三圖 19、20、21；實驗六圖 24；實驗七圖 25；實驗八圖 26 顯示，架設澆水器的實驗組濕度明顯維持。

實驗五的圖 23，與對照組的標準差比對，更可看出有澆水器的組別濕度較穩定。

### 討論四：實驗三與實驗五的數據比對，更可以驗證實驗四的看法

由表 2、5、7 與表 9、10 數據比對，發現在土壤中的溼度確實比毛巾的溼度高，所以土壤中的電解質確實會使溼度計的數值拉高。

### 討論五：實驗六與實驗七的結果顯示 3D 列印製作的氣閥也發揮效果

實驗時我們擔心 3D 列印的氣閥，因為用熱熔膠固定（圖 31），當內部填充物潮濕膨脹時是否會撐不住，但在我們觀察期間濕度都有維持。

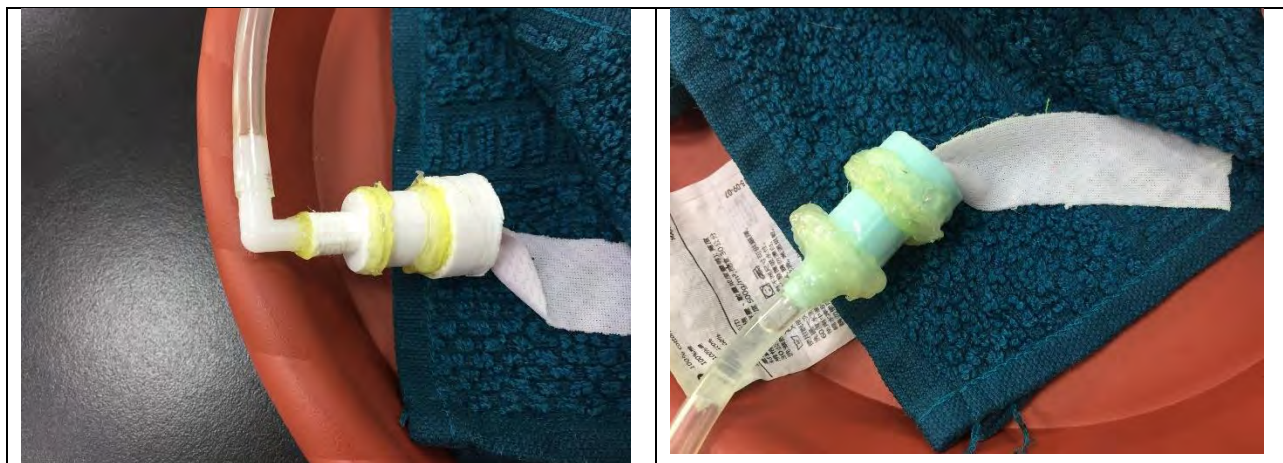


圖 31：塗熱熔膠的氣閥

## 討論六：我們設計的澆水器成本

表 15：所用器材價格

項目	價錢
通氣管	5 元 / 50 公分
L 型接頭	2 元 / 個
塑膠氣閥	10 元 / 個
3D 列印製作氣閥	1 元 / 個
運費（平均值）	2 元 / 組
塑膠氣閥澆水器總計	19 元 / 組
3D 列印氣閥澆水器總計	10 元 / 組

## 柒、結論

歸納本研究中的實驗結果得到如下結論：

- 一、氣閥原是設計三層結構，經過測試三層結構內所填充的濾紙、尿布或蒭蒨會造成堵塞，後來修改成單一構造。再取純棉布、內衣布、排汗衫做為氣閥填充物，直接裁剪成我們需要的形狀做實驗。
- 二、純棉布狀況多，因為易發霉而堵住氣閥，材質上又易斷裂，不穩定性極高。
- 三、由實驗三、實驗五、實驗六、實驗七與實驗八，可以看出我們設計的自動澆水器，確實能保持毛巾或土壤濕度。
- 四、若為塑膠氣閥，澆水器的成本約為 19 元；若是 3D 列印氣閥，澆水器的成本約為 10 元。
- 五、塑膠與 3D 列印氣閥在實驗過程都頗為穩定，但 3D 列印氣閥較為環保。而氣閥內部填充單一結構的排汗衫，在經過濕度及材質穩定性的驗證下，為較佳之組合。

## 捌、參考資料

1. 標準差。取自網址：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%A8%99%E6%BA%96%E5%B7%AE>
2. 蔡彥欣、江秉祐、陳煒尊、許吾任。園藝自動澆水施肥裝置之研究。北台灣學報 第 34 期。
3. 土壤溼度計原理。取自網址：<https://zhidao.baidu.com/question/1770916303545682020.html>
4. 土壤溼度偵測。取自網址：<https://tutorials.webduino.io/zh-tw/docs/basic/sensor/soil.html>
5. 自動澆水選購心得。取自網址：<http://flowers.hunternet.com.tw>
6. 3D 列印免費軟體。取自網址：<http://autodesk-123d-design.en.lo4d.com/download>
7. 3D 列印材料。取自網址：<https://read01.com/zh-tw/DnR8jQ.html#.WwkS4ExuI2w>、  
[http://www.botfeeder.com.tw/pla\\_material.htm](http://www.botfeeder.com.tw/pla_material.htm)

## 附錄

### 一、大氣壓力

用一張紙片蓋住瓶口，壓緊倒轉，放手後發現紙片不會掉下來，廣口瓶內的水也沒有流出來，收集二氧化碳時，將廣口瓶裝滿水後，倒放在水中，廣口瓶內的水也不會流出來，這表示一定還存在著其它壓力，來支撐水壓，這個壓力的來源就是大氣壓力。欲使密閉容器內的液體順利流出，必須設法消除大氣壓力的效應。

如茶壺蓋上、鋼筆套管、原子筆套管上都開一個小孔，或開牛乳罐頭一定要在罐頭上至少鑿兩個洞，方能使茶水、墨水或牛乳順利流出，均為使內、外兩側大氣壓力相等，而互相抵消。

### 二、標準差

標準差（Standard Deviation，SD），數學符號  $\sigma$ （sigma），在機率統計中最常使用作為測量一組數值的離散程度之用，反映組內個體間的離散程度。簡單來說，標準差是一組數值自平均值分散開來程度的一種測量觀念。一個較大的標準差，代表大部分的數值和其平均值之間差異較大；一個較小的標準差，代表這些數值較接近平均值。一組數據的平均值及標準差常常同時作為參考的依據。從某種意義上說，如果用平均值來考量數值的中心的話，則標準差也就是對統計的分散度的一個「自然」的測度。深藍區域是距平均值小於一個標準差之內的數值範圍，在常態分布中，此範圍所佔比率為全部數值之 68%；兩個標準差之內（深藍，藍）的比率合起來為 95%；三個標準差之內（深藍，藍，淺藍）的比率合起來為 99.7%。

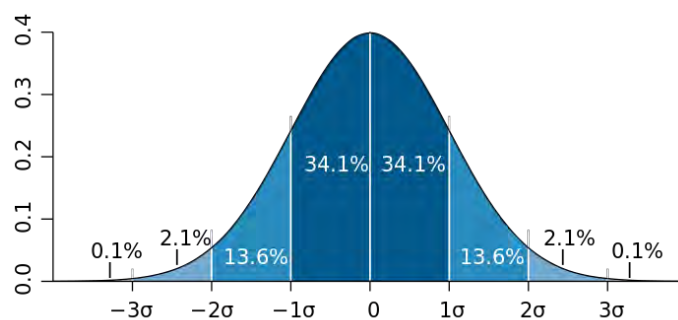


圖 32：標準差

## 【評語】 032914

本作品是利用寶特瓶與 3D 列印製作之氣閥(控制器與感測器)組合而成自動澆水器。其設計可因感測器導致寶特瓶內氣壓變化，促使寶特瓶內水流出，以保持毛巾或盆栽土壤濕度。研究改變控制層(內衣布、棉布、尿布、蒭蒨)對濕度保持效應之影響。特色是提供研究流程圖使實驗邏輯清楚，並畫出實驗裝置有理解；惟結果未與市面販售產品或網路相關的自製報導相比較。



## 摘要

本研究希望自製自動澆水器，解決市面上一些自動澆水器的不足，所使用的材料，也希望盡量合乎環保、隨手可得或是自製，所以我們採用回收再利用的寶特瓶並以 3D 列印製作其內部構造，最後設計出能因壓力變化而自動澆水之器具，透過實驗此澆水器確實可以保持毛巾或盆栽土壤濕度。

## 壹、研究動機

相信有種植盆栽的人都曾有過類似困擾：想出遠門，但又擔心植物太多天沒有澆水會枯死；或因不清楚植物需要的水量，過度澆水造成植物腐爛等狀況。市面上雖然也有販賣自動澆水器，但自動定時的電子儀器價格昂貴、滴水型的水量控制不易而水盆型的則容易澆水過量而積水。因此我們想藉生活中容易取得的材料，設計一個簡單、環保又實用的自動澆水器。我們想到寶特瓶回收後，若在瓶身打洞，利用瓶內壓力的變化或許會有自動給水的效果，便著手朝這個方向研究。

## 貳、研究目的

我們擬定以下的待答問題作為研究目的：

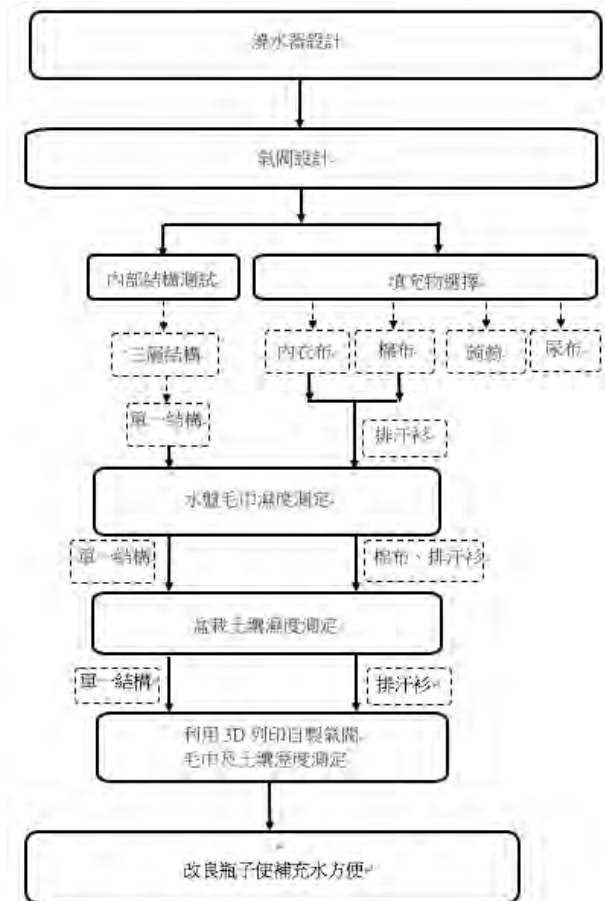
- 一、初步設計氣閥內部三層結構是否能順利運作，使寶特瓶穩定給水？
- 二、初步設計氣閥內部的填充物，分別有尿布、洗臉用絨布、純棉布、內衣布，是否能使氣閥順利運作，使寶特瓶穩定給水？
- 三、氣閥內部單一結構，填充物分為純棉布、內衣布、排汗衫，可否讓毛巾或盆栽土壤保持濕度？
- 四、利用 3D 列印製作的氣閥，是否能使澆水器保持毛巾或盆栽土壤濕度？

## 參、研究設備及器材

毛巾、通氣管、L 型接頭、氣閥、鉸槍、不同材質的布料（純棉布、含 60% 棉和 40% 聚酯纖維的內衣布、含 80% 人造纖維和 20% 彈性纖維的排汗衫）、3D 列印機、解剖顯微鏡、盆栽土壤、溼度計、長效通用肥料、洗臉用絨布。

## 肆、研究過程或方法

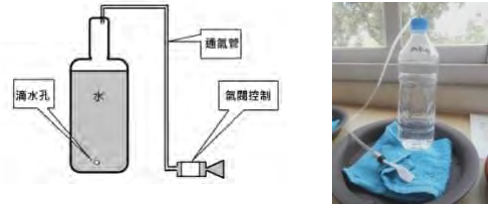
### 一、研究流程圖：



## 二、實驗流程設計：

### 實驗一：設計自動澆水器

以寶特瓶作為澆水器的儲水瓶，在寶特瓶瓶身距離瓶底一定距離鑽洞。氣閥內塞入適當的材料，利用塞入材料『乾縮濕脹』特性調節空氣的流入。乾縮：當塞入材料水份少時，材質乾燥體積縮小，使空氣能通過材質間的空隙流入瓶內，瓶子開始滴水。濕脹：當塞入材料水份多時，材質潮濕體積膨脹，空隙被壓縮，空氣不能流入瓶內，瓶子停止滴水。



### 實驗二：氣閥設計

#### (一) 內部結構：分成三層結構

1. 隔離層：內塞三層濾紙，避免控制層滲入通氣管，造成阻塞。
2. 控制層：填入吸水性材質，利用其吸水後膨脹，阻止空氣進入瓶內，乾燥時空氣能進入瓶內，促使水從小孔流出。
3. 聯外吸水層：此處以布條與外部接觸，使控制層與外界毛巾或土壤的乾濕程度一致。

#### (二) 控制層填充物選擇：

尿布、洗臉用絨布、純棉布、內衣布（60% 棉、40% 聚酯纖維維）

#### (三) 氣閥材質測試

金屬材質與塑膠材質氣閥。



#### (四) 針對氣閥的內部構造與填充物初步測試

以濕潤的毛巾模擬潮溼的土壤，檢測氣閥內部三層結構的想法與各種填充物的適用性。安裝前氣閥必須泡水全濕，通氣管不可有積水，毛巾先泡濕。



### 實驗三：確定自動澆水器的裝置後，將氣閥內塞不同布料（純棉布、內衣布、排汗衫）架設在毛巾上，測量毛巾濕度

裁剪純棉布、內衣布、排汗衫三種布，由同一個人塞入氣閥，確保緊度相同。每一種布設置五組共十五組，每天於相同時間（中午十二點半），以濕度計測量毛巾濕度，持續測三個星期。另放一塊泡濕毛巾在水盤上，但未裝置澆水器做為對照組。



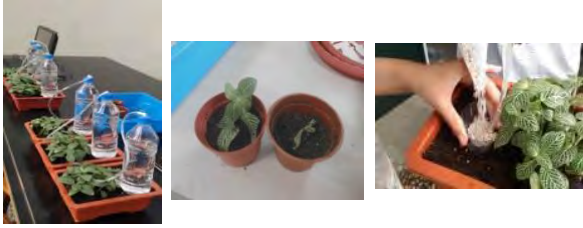
### 實驗四：初步驗證澆水器是否能讓土壤有保濕效果，觀察潮濕毛巾內若加入少量的長效通用肥料和泥土的濕度變化

取實驗三兩組排汗衫，其中一組先加入長效通用肥料觀察濕度三天，再加入泥土觀察濕度，另一組肥料及泥土都不加，兩者做濕度比對。



**實驗五：將塑膠氣閥內塞入純棉布和排汗衫，架設在種植白網紋的小盆栽上測量土壤的濕度**

氣閥內分別塞入純棉布和排汗衫，利用土壤盆栽實測。另有一盆栽，其尚未架設澆水器作對照組。氣閥放入土壤時，先放入一些小石子再放氣閥，利用小石子幫助過濾一些雜質，防止土壤汙染氣閥。



對照組

**實驗六：利用 3D 列印製作氣閥，並將作出的氣閥內塞排汗衫架設在毛巾上，測量毛巾的濕度**

我們設計的自動澆水器，以可回收再利用的寶特瓶為主體，若氣閥也利用以玉米、小麥等可自然分解之澱粉類材料於 3D 列印自製，不但可分享 3D 列印的格式數據，更能使澆水器成為更友善環境的綠色產品。



**實驗七：利用 3D 列印製作氣閥，氣閥內塞排汗衫架設在盆栽土壤上測量土壤濕度**

利用 3D 列印製作氣閥，氣閥內塞排汗衫，將澆水器架設在盆栽土壤上測土壤濕度。



**實驗八：將瓶蓋打洞改成瓶身打洞，架設在毛巾上測毛巾濕度**

原本設計瓶蓋打洞接管子到氣閥，寶特瓶要加水時因受限於管子，轉動瓶蓋並不容易，改成瓶身打洞如此加水較為方便。



**伍、研究結果**

**實驗一：設計自動澆水器與實驗二：氣閥設計**

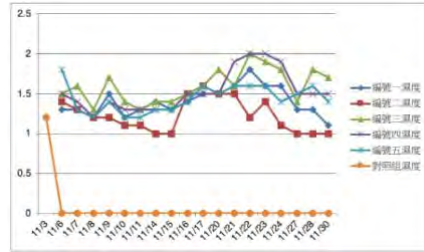
發現四種填充物（尿布、洗臉用蒴箭、純棉布、內衣布），尿布與洗臉用蒴箭因不易乾燥，所以空氣無法進入，無法適時為盆栽補水，純棉布與內衣布較佳。而三層結構中的隔離層，因濾紙潮濕會造成堵塞，我們把三層結構改成單一結構，填充物直接裁剪一特定形狀塞入氣閥內，再一部分拉出，接觸外界毛巾或土壤。因金屬材質氣閥較易氧化，故之後實驗選擇塑膠氣閥。

於是，自動澆水器的裝置便確定，塑膠氣閥內是單一結構，取純棉布、內衣布，再加上排汗衫作為填充物，進行實驗三。



**實驗三：將塑膠氣閥內填充不同布料（純棉布、內衣布、排汗衫），架設在毛巾上，測量毛巾濕度**

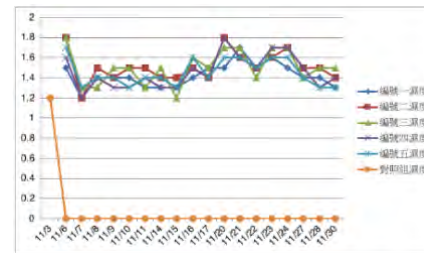
(一) 氣閥塞入純棉布時，5 組與對照組的毛巾濕度：



(二) 氣閥填充內衣布時，5 組與對照組的毛巾濕度變化：



(三) 氣閥填充排汗衫時，5 組與對照組的毛巾濕度變化：



由以上三圖，可得知與對照組比較，塑膠氣閥內填充棉布、內衣布及排汗衫，都可以讓毛巾維持穩定濕度。

**實驗四：初步驗證澆水器是否能讓土壤有保濕效果，觀察潮濕毛巾中若加入少量的長效通用肥料和泥土的濕度變化**

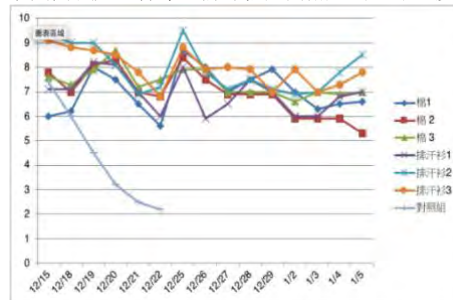
下表是加入肥料、泥土與對照組的濕度

日期 \ 濕度	第一組濕度	第二組濕度（都未加入肥料和泥土，對照用）
12/1（未加肥料和泥土）	1.5	1.5
12/2（加入肥料）	1.4	1.4
12/3（加入肥料）	1.4	1.4
12/4（加入肥料）	1.4	1.4
12/5（加入肥料和泥土）	3.0	1.4

由上表，證實自來水導電度差，使濕度計不靈敏，讀數偏低，推測實驗五因作土壤實測，其濕度數據將會高於實驗三。

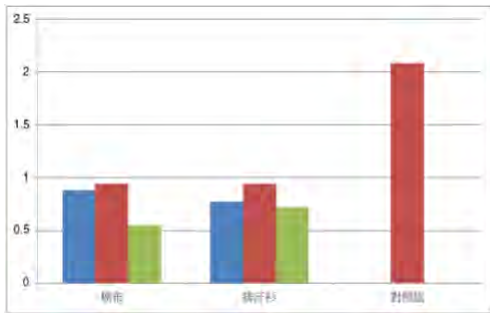
**實驗五：將塑膠氣閥內填充純棉布和排汗衫，架設在種植白網紋的小盆栽上，測量土壤的濕度**

(一) 氣閥內填充純棉布、排汗衫與對照組的土壤濕度比較

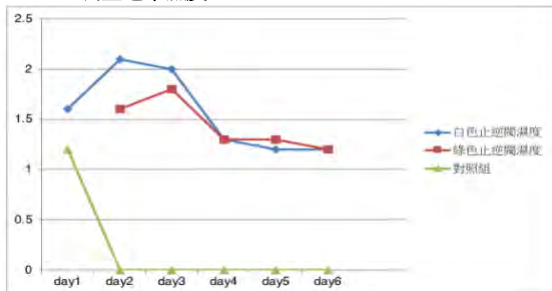


由上圖看出對照組濕度明顯下降，土壤盆栽有架設澆水器的實驗組有維持濕度。

(二) 填充棉布、排汗衫的兩種澆水器與對照組溼度標準差比較  
由下圖可知有澆水器的實驗組溼度較穩定。

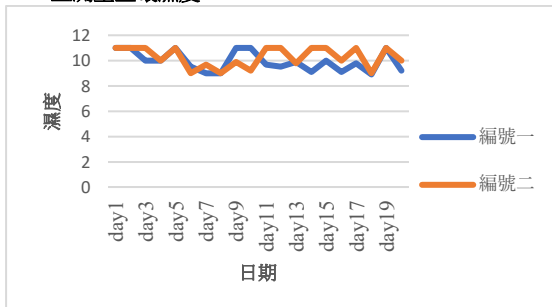


**實驗六：利用 3D 列印製作氣閥，並將氣閥內塞排汗衫架設在毛巾上測量毛巾溼度**



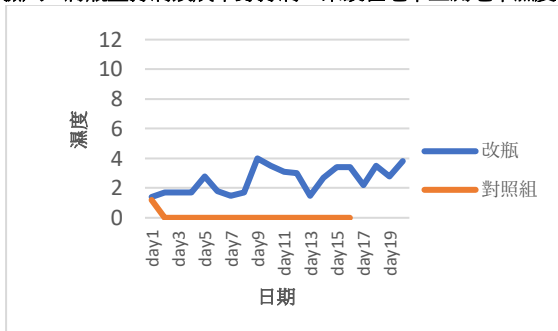
上圖發現，3D 列印製作的氣閥發揮作用，維持毛巾溼度。

**實驗七：利用 3D 列印製作氣閥，氣閥內塞排汗衫架設在盆栽土壤上測量土壤溼度**



3D 列印製作的氣閥維持土壤溼度。

**實驗八：將瓶蓋打洞改成平身打洞，架設在毛巾上測毛巾溼度**



打洞在瓶身的澆水器可以維持毛巾溼度。(取實驗三的對照組數據作為對照)

## 陸、討論

**討論一：通氣管回流現象**

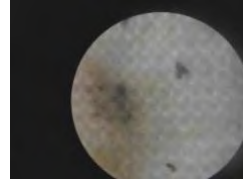


實驗過程通氣管時有回流現象，推測有時候是毛巾或土壤潮

濕，連接外界與通氣管內氣體的氣閥端，由於受到外在氣壓的推擠，使毛巾或土壤內的水分被推入通氣管，當毛巾或土壤慢慢變乾時，會吸取氣閥填充物的水分，回流便會下降。

實驗三的純棉布 2 號在 11/16 突有回流現象，回流之前純棉布 2 號毛巾較其他組乾涸，回流發生後毛巾明顯濕潤，由數據也可以看出回流之後溼度增加。推測 2 號是因純棉布內有發霉造成阻塞，氣體無法通入，水無法滴出，因乾涸太久發霉部份也乾掉，使氣閥暢通，寶特瓶瞬間補水太多，才造成回流現象。數據也顯示，之後回流高度下降，毛巾溼度也漸下降。

為了驗證純棉布 2 號是否有因發霉堵塞，實驗結束後，我們將十五組氣閥內的填充布攤開比對，發現純棉布 2 號確實黑色斑點多，也看出棉布比起內衣布、排汗衫有較多斑點且霉味重。



**討論二：實驗五塞棉布的組別回流明顯**

實驗五氣閥塞棉布的組別中，有兩組回流明顯，但其土壤並無實驗三時的純棉布 2 號，有一段時間毛巾嚴重乾涸。結束實驗後我們將填充布攤開，發現回流明顯的兩組，原先從氣閥中拉出的純棉布已與氣閥斷開。因氣閥塞在土壤中，純棉布何時斷開無法得知，而從數據我們發現溼度明顯下降，故推測棉布斷開後，與原先的氣閥已無關聯性，通氣管維持原先的回流狀態，氣閥無法偵測土壤溼度，澆水器便無法補水，因而造成土壤溼度下降。

**討論三：實驗三、實驗五、實驗六、實驗七與實驗八的結果顯示自動澆水器確實有適時補水功能**

由實驗三、實驗六、實驗七、實驗八結果顯示，架設澆水器的實驗組溼度明顯維持。實驗五與對照組的標準差比對，更可看出有澆水器的組別溼度較穩定。

**討論四：實驗三與實驗五的數據比對，更可以驗證實驗四的推測**

土壤中的溼度確實比毛巾的溼度高，所以土壤中的電解質確實會使溼度計的數值拉高。

**討論五：實驗六與實驗七的結果顯示 3D 列印製作的氣閥也發揮效果**

3D 列印的氣閥因為是用熱熔膠固定，原本我們不確定當內部填充物潮濕膨脹時，是否會失去黏著固定與密封的效果，但在我們觀察的期間，它確實也使澆水器發揮效果。



**討論六：我們設計的澆水器成本**

塑膠氣閥澆水器 1 組 19 元；3D 列印氣閥澆水器 1 組 10 元。

## 柒、結論

歸納本研究中的實驗結果得到如下結論：

- 一、氣閥原是設計三層結構，經過測試三層結構內所填充的濾紙、尿布或蒴蒻會造成堵塞，後來修改成單一構造。再取純棉布、內衣布、排汗衫做為氣閥填充物，直接裁剪成我們需要的形狀做實驗。
- 二、純棉布狀況多，容易因為發霉而堵住氣閥，材質上又易斷裂，不穩定性極高。
- 三、由實驗三、實驗五、實驗六、實驗七與實驗八，可以看出我們設計的自動澆水器，確實能保持毛巾或土壤溼度。
- 四、若為塑膠氣閥，澆水器的成本約為 19 元；若是 3D 列印氣閥，澆水器的成本約為 10 元。
- 五、塑膠與 3D 列印氣閥在實驗過程都頗為穩定，但 3D 列印氣閥較為環保。而氣閥內部填充單一結構的排汗衫，在經過溼度及材質穩定性的驗證下，為較佳之組合。