

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

第一名

082919

「均濕」的妙計 - 等壓出水等量灌溉裝置

學校名稱：臺中市私立明道普霖斯頓國民小學

作者：	指導老師：
小五 溫喬安	王懋勳
小五 林子儀	戴郁奇
小四 吳睿同	

關鍵詞：管線等壓、等量出水、微量水壓計

得獎感言

灌溉問題交給我們~用科學的方法設計等量灌溉裝置

等待獎項唱名的時候心裡超級期待的，當聽到我們是全國科展生活應用(二)科第一名的那一剎那，整個團隊感到興奮不已。一路走來，熱情與執著是我們最大的動力，如同頒獎大會上嘉賓致詞裡提到：且不論當不當科學家，我們感受到科普知識的力量與必要。

回想這一年，酸甜苦辣是最佳寫照，實作過程中，失敗屢屢來敲門。記得有一次，我們不小心用壞第一代等量出水裝置，當時大家都嚇壞了。但是危機就是轉機，正因如此我們發現了第一代的缺點，進而研究出更堅固且更多功能的第二代等量灌溉裝置！

研究過程中，我們的實驗常出現出水不均勻的情況，所以我們設計過幾種方式，並且記錄每個實驗數據。從一開始的微量水壓計，不斷地改良設計後，探討出水壓是關鍵因素之一，克服了管線多孔洞、管線傾斜或者是管線轉彎出水不平均的困難，也一併設計了自動排氣裝置。最後實際灌溉後，我們的裝置效果很穩定，讓我們更有信心這個裝置的應用是確實可落實在平日生活應用裡。

製作裝置與實驗的過程中，我們已經慢慢培養出深厚的默契，即使疫情停課期間，也經常視訊討論研究需要再改良的地方，討論解決的方案。老師時常鼓勵我們遇到困難別氣餒，一次一次的試驗終究能夠找到成功的方式。

令人難忘的是，靠近市賽前幾天，發生某隊員被疫情匡列，原本就只有3個隊員的我們頓失臂膀，時間緊迫下，馬上重新分配任務。果然，少一位還是有差，我們只得全市第二名，但還是很幸運地可以進入全國賽。市賽後，就是更緊鑼密鼓的修正實驗跟設計簡報。我們利用下課、午休、社團、甚至半個暑假，大夥一起泡在實驗室，那種革命情感，讓我們成為合體金剛，勇猛無敵！

團隊的合作默契從害羞到了解彼此優點及互相補足互相合作，老師用心地指導我們、給予心情上的加油打氣，這些都是非常難能可貴的經驗與養分。我們要將這些學習過程及成果變成自己帶著走的能力，未來希望能繼續研究科學！



實驗過程要很注意細節，而且學到很多工具的使用！

研究結果 2 設計【可調式孔洞等量出水裝置】

圖 19 圖 20

圖 21 開水、管線充滿水
彈簧推回活塞立刻停水
關水、水壓降低
所有裝置同時等量出水
累積水壓推開活塞

不同彈簧長度 拉開活塞需要的力量 圖 22

彈簧長度 (公分)	粗線徑 (kgw)	細線徑 (kgw)
3.5	1.98	1.06
3.0	2.32	1.25
2.5	2.62	1.43

圖 23 彈簧較鬆 較容易推開針筒
圖 24 彈簧較緊 不容易推開針筒
螺絲可調彈簧鬆緊

因為疫情改為線上視訊評審，很難忘的經驗！



用我們的裝置實際灌溉種菜，真的可以自動等量出水喔！

摘要

本研究主要探討在同一條灌溉管線上，不同情況下各孔洞的出水量、管線前中後水壓的情形。為了要準確測量水壓，我們自製【微量水壓計】，解決外購水壓計刻度太大的問題。

研究發現，造成管線前後端出水量有很大差異的原因：①孔洞過多；②管線向上傾斜；③管線轉彎，它們的共同點就是：管線水壓前大後小。

因此「水壓」是解決問題的關鍵！我們利用針筒、彈簧設計了【孔洞等量出水裝置】，運作方式為：開水→累積水壓同時推開活塞→各孔洞同時出水→關水→水壓降低→彈簧推回活塞止水。

管線裝上等量出水裝置後，出水量的差異有效降低了：①孔洞過多 61.5%→15.3%；②管線向上傾斜 85.9%→15.7%；③管線轉彎 98.9%→16.3%，最後也實際運用在蔬菜盆栽灌溉上，希望為省水盡一份心力！

壹、研究動機

為了讓灌溉更加方便，通常我們會在自家陽台或農場間從頭到尾鋪一條水管，並在途中有植物的地方將水管戳洞，只要把水龍頭打開，水就會從所有的洞口流出來，一開水龍頭就能灌溉所有的植物，非常方便。

但是最大的問題是：靠近水龍頭的洞口出水量大，而管線尾端的洞口出水量很小，結果每棵植物獲得的水量不同。所以我們想研究一種裝置，讓每個洞口的出水量盡可能相同，植物才不會有土壤太濕或太乾的情形。而且台灣去年春天缺水情形嚴重，這樣的裝置可以控制每株植物澆水量相同，減少水資源的浪費！

★ 與課程相關單元：【水的移動】、【力與運動】

貳、研究目的

【研究一】設計測量管線【孔洞出水量】和【水壓】的方法

- 一、「微量水壓計」的設計
- 二、水管鑽孔洞的標準流程
- 三、制定實驗的標準流程

【研究二】同一條管線不同情況下，【各孔洞出水量】與【管線前中後水壓】比較

- 一、不同孔洞數量是否影響各孔洞出水量與管線前中後水壓
- 二、管線不同傾斜角度是否影響各孔洞出水量與管線前中後水壓
- 三、管線轉角數量是否影響各孔洞出水量與管線前中後水壓

【研究三】設計【孔洞等量出水裝置】- 利用水壓同時開啟孔洞

- 一、第一代：利用拉伸彈簧的恢復力
- 二、第二代：利用壓縮彈簧的恢復力，而且可調整彈簧力量的設計，讓每個孔洞出水量更接近

【研究四】設計【管線自動排氣裝置】- 解決管線內空氣干擾的問題

【研究五】同一條管線不同情況下對【孔洞等量出水裝置】的影響

- 一、不同孔洞數量是否影響【孔洞等量出水裝置】的出水量
- 二、管線不同傾斜角度是否影響【孔洞等量出水裝置】的出水量
- 三、管線轉角數量是否影響【孔洞等量出水裝置】的出水量

【研究六】實際測試「等壓出水等量灌溉系統」在種菜盆栽上的使用情形

參、研究設備及器材

製作工具	電鑽、螺絲起子、線鋸機、熱熔槍、直角尺
測量工具	水壓計
微量水壓測量工具	針筒、彈簧、PVC 水管
孔洞等量出水裝置	針筒、針筒蓋、彈簧、鐵片、螺絲釘、蝶形螺帽、PVC 水管

肆、研究過程與方法




一、關於水、灌溉管線的理論：

1. 水壓

- (1). 水的重量作用在面積上的力，在管線中推動水的力量，單位為 kgw/cm^2 。
- (2). 水壓可以透過重力作用形成，理論上水塔每上升 10 公尺，水往下衝的壓力就會增加 $1 \text{ kgw}/\text{cm}^2$ 。我們也可以利用加壓馬達來增加管線中水的壓力。
- (3). 靜水壓：水在靜止狀態下所呈現的壓力。不管供水的水龍頭打開程度是多少，只要整條管線是密閉的水不會流動，水壓都會是一樣的。
- (4). 動水壓：水在管線中流動時，管道某一點的壓力。

2. 流量：體積流量是表示單位時間內，水流經過管路之體積。

3. 目前灌溉方式：

灌溉方式		優點	缺點
<p>穿孔管</p> 	<p>利用低壓輸水管道，將水送到田間的技術措施。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 施工簡單。 ● 架設時間短。 ● 便於管理，開水即可灌溉全部植物。 ● 架設花費比較低。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 管道前後出水量不同。 ● 如果管線在山坡地，前後出水量差異更大。 ● 草莓園主人分享：利用分區給水，減少前後端出水量差異，但耗時！
<p>噴灑灌溉</p> 	<p>利用設備，使水產生一定壓力射到空中，形成細小水滴，降落到地面濕潤土壤的灌水方式。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 灌溉較均勻。 ● 用水量較少。 ● 較能適應各種地形。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 建設經費較高。 ● 消耗能源較大(加壓馬達)。 ● 遇到風吹會影響噴灑較果。
<p>滴水灌溉</p> 	<p>通過管道系統與滴水裝置，按作物的需水要求，將水輸送到根部土層表面的方法。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 灌溉較均勻。 ● 用水量較少。 ● 適用於高經濟作物。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 建設經費較高。 ● 管線較複雜。 ● 維修經費較高(滴罐頭易堵塞)。

4. 使用【穿孔管】澆水時，遇到的問題：



前面噴水量大，盆栽淹水。

後面流量小，和前面差很多。

二、歷屆研究澆水、灌溉作品探討與本研究【等壓出水等量灌溉裝置】特色

作品名稱	研究大綱	優點	缺點
全國 55 屆 智慧開關-以水量變化操作槓桿擺動之應用	<ul style="list-style-type: none"> ● 利用土壤變乾盆栽重量減輕，觸發槓桿開關自動澆水。土壤濕潤盆栽變重後，又恢復原狀停止澆水。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 利用詳盡實驗改造機關，使自動澆水器能如期順利運作。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 只適用於單一盆栽或小範圍菜圃。 ● 從出水口噴撒出去的水沒有控制各處水量相同。
全國 55 屆 源源不絕蔬活自在 蔬菜自動澆水器	<ul style="list-style-type: none"> ● 盆栽下方加裝水杯，利用毛線毛細現象把水吸到土壤中。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 具共同研究之精神。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 只能供單一盆栽使用。 ● 實用及創新度還需加強。
全國 57 屆 好「繩」省水 自動澆水器	<ul style="list-style-type: none"> ● 盆栽旁放裝水寶特瓶，利用棉線毛細現象把水滴至盆栽內。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 有較多定量的測量項目，在設計上也有所改良。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 只能供單一盆栽使用。 ● 過去有許多類似主題，原理構造想相似。
全國 58 屆 會呼吸的瓶子 自製自動澆水器	<ul style="list-style-type: none"> ● 寶特瓶外接一個自製控制氣閥，內塞棉布，潮濕時封住氣閥水不再滴漏；乾燥時氣閥透氣開始滴水。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 實驗邏輯清楚，有特色。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 只能供單一盆栽使用。 ● 沒有在培栽上實際使用、紀錄自動澆水情形。
全國 58 屆 趣味舒壓 澆水系統	<ul style="list-style-type: none"> ● 利用虹吸、連通、毛細原理，讓土壤自動吸水。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 實際種植植物進行可行性試驗。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 實驗要設計其他變因。 ● 實驗設計與數據嚴謹度也可以再加強。
我們的作品 「均濕」的妙計- 等壓出水等量灌溉裝置	<ul style="list-style-type: none"> ● 自製「微量水壓計」。 ● 穿孔管灌溉，【各孔洞出水量】比較。 ● 自己設計： 【孔洞等量出水裝置】 【管線自動排氣裝置】 ● 同一條管線不同情況下對【孔洞等量出水裝置】的影響 ● 實際測試 	<p>本研究特色</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 自己設計「微量水壓計」，並利用壓力公式計算確認它的準確性。 ● 研究發現，孔洞數量、管線傾斜、管線轉彎會造成前、後孔洞出水量相當大的差異。 ● 利用針筒、彈簧設計【孔洞等量出水裝置】。開水→水壓會同時推開針筒→各孔洞同時出水→關水→水壓降低→彈簧推回針筒。 ● 利用針筒、彈力球設計【自動排氣裝置】。 ● 【孔洞等量出水裝置】能消除管線傾斜、管線轉彎的影響，讓出水量相同。但孔洞增加，水壓也需要增加。 ● 材料簡單成本低，適合民眾在家種植時使用。 	

等壓出水等量灌溉裝置

文獻資料探討

1. 過去研究資料
2. 目前現有灌溉方法優缺點分析
3. 訪問草莓園主人灌溉遇到的問題
 - 真的有前多後少、給水不均勻的問題；利用分區輪流給水，但是耗費 2 小時

設計、自製【微量水壓計】

1. 遇到問題：外購水壓計刻度太大、測量不準確
2. 利用彈簧的【等距離壓縮】和【停止施力後能回復原狀】
3. 經過測量和壓力公式計算，和外購水壓計誤差最多只有 2.8%
4. 重複 5 次測量數字都一樣，信度高

制定實驗的標準流程

控制以下的變因：①水管鑽洞的方法；②測量水量、觀察水壓的方法；③管線不可彎曲、放置的方法

影響管線前後端出水量之因素

孔洞數量

孔洞越多差距越大
出水量最多相差 61.5%

管線傾斜

傾斜角度越大差距越大
出水量最多相差 85.9%

管線轉彎

轉彎越多差距越大
出水量最多相差 98.9%

發現問題的共同點

管線水壓：前端大、後端小

設計、自製【孔洞等量出水裝置】

1. 「水壓」是解決問題的關鍵，利用針筒+彈簧製作。運作原理：開水→累積水壓同時推開活塞→各孔洞同時出水→關水→水壓降低→彈簧推回活塞止水
2. 【第一代孔洞等量出水裝置】：無法做到每個裝置的彈簧拉力相同，出水不均
3. 【第二代孔洞等量出水裝置】：設計可調整式裝置，調整每個孔洞的出水量

測試裝置效果

管線裝上等量出水裝置後，出水量的差異有效降低了：
①孔洞過多 61.5%→15.3%；②管線傾斜 85.9%→15.7%；
③管線轉彎 98.9%→16.3%

發現問題

1. 管線內有空氣干擾：設計【管線自動排氣裝置】
2. 孔洞多於 6 個，水壓不足出水不均：用馬達加壓

實際灌溉蔬菜盆栽

伍、研究結果與討論

【研究一】設計測量管線【孔洞出水量】和【水壓】的方法

一、「微量水壓計」的設計

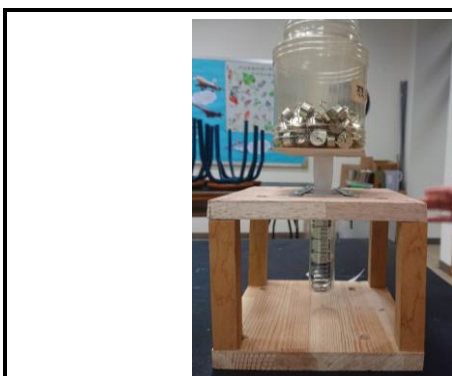
1. 設計討論

- (1). 使用外面買的水壓計，經過測量，學校水龍頭提供的水壓為 1.5 kgw/cm^2 。
- (2). 但是外面買的水壓計最小單位是 1 kgw/cm^2 ，這樣我們無法準確測量管線孔洞出水時，管線不同位置的水壓，因為指針根本不會動。
- (3). 水壓計的原理是：
 - 水流動時會推動標示移動，顯示水壓。
 - 水停止時，指標要回復原狀。
- (4). 目前我們已知**停止施力後能恢復的東西：彈簧、密閉空間空氣可壓縮性。**

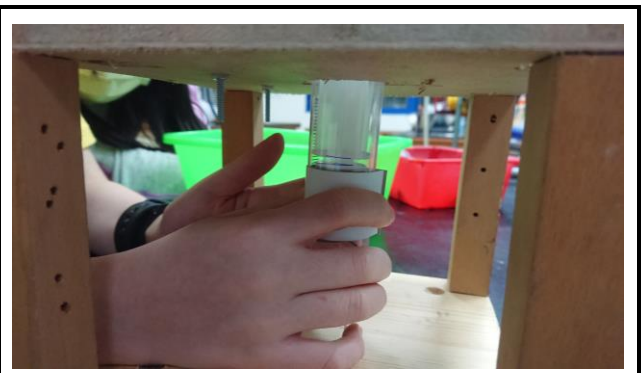
2. 打造一台【壓縮距離測量器】，測試彈簧、密閉空氣誰能在施力後等量變化：



- 兩片木板用四個木條隔開建立一個空間。上方木板挖一個洞，讓針筒可以卡在中間。
- 中間的針筒可抽換，換成「彈簧」或是「密閉空氣」。



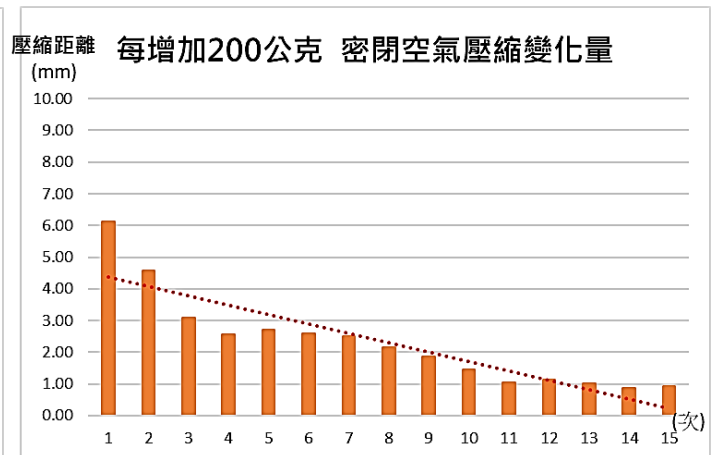
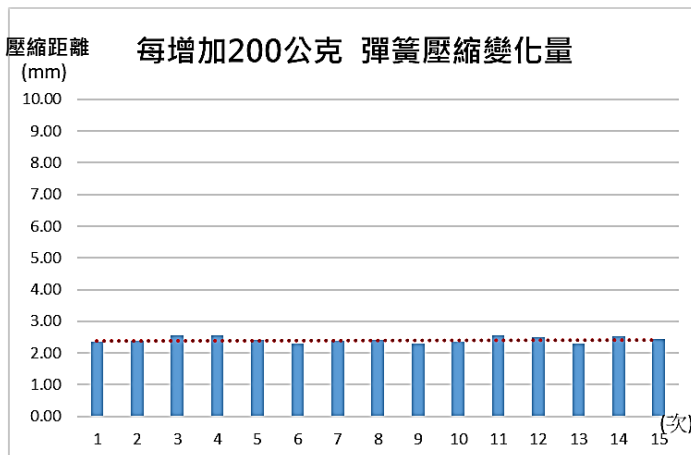
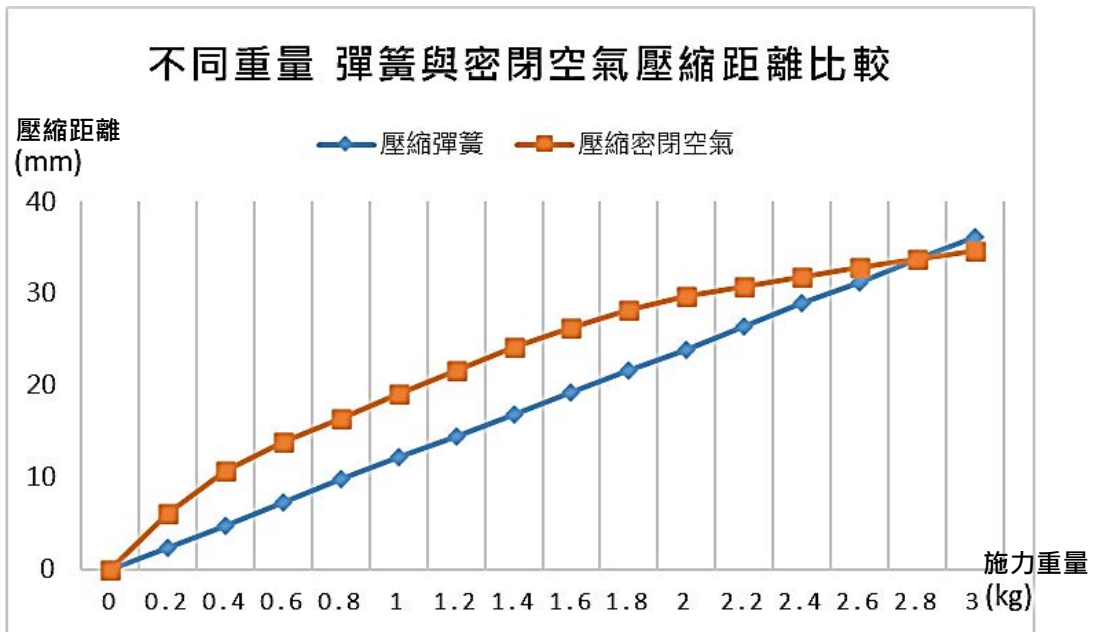
在針筒上方放重物(砝碼)，每次增加固定重量。要注意放重物的平台是否水平。



用西卡紙和細奇異筆當工具，記錄不同重量造成針筒壓縮的距離變化量。



3. 彈簧、密閉空氣施力後距離變化測量結果：



- (1). 密閉空間的空氣壓縮到後來會越來越難壓縮，數據上也呈現出**相同的重量並不能壓縮相同的距離**。
- (2). **彈簧的數據呈現出很穩定的變化**，不斷給它增加 200 克的力，一直到 3 公斤都能壓縮幾乎相同的距離。
- (3). 所以最後我們選擇使用彈簧來製作我們的【微量水壓計】。

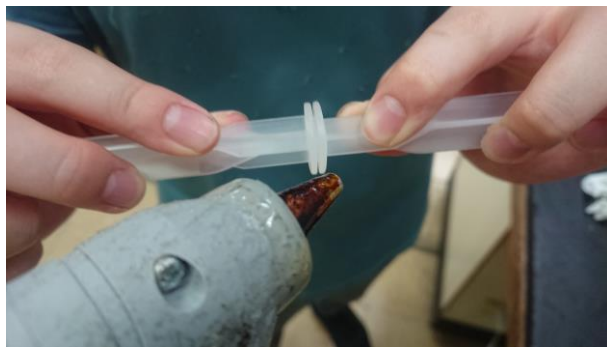
4. 【微量水壓計】的製作



把兩個針筒前端剪掉，用電鑽鑽出大孔洞。



在其中一個針筒內放入彈簧。



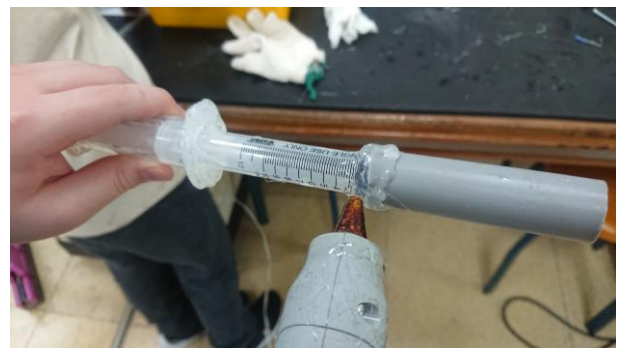
把兩個針筒推桿底部用熱熔膠黏在一起。



準確測量兩支針筒間的距離，這樣中間的支架塑膠管才不會擠壓到彈簧。



用熱融膠把中空塑膠管、兩個針筒黏在一起



整套裝置黏在 PVC 水管上，可換裝在粗的或細的 T 型管上，進行實驗。



5. 使用彈簧製作的【微量水壓計】是否能正確量出符合水壓單位 kgw/cm^2 的數字

(1). 把外面買的水壓計和自製【微量水壓計】一起接到學校水龍頭的同一根水管上。



水壓 $1.5 \text{ kgw}/\text{cm}^2$ 時，兩者的變化情形。



水壓 $1 \text{ kgw}/\text{cm}^2$ 時，兩者的變化情形。

(2). 經過測量可以發現：

- 外購水壓計顯示 $1.5 \text{ kgw}/\text{cm}^2$ 時，【微量水壓計】彈簧壓縮 31.15 mm 。
- 外購水壓計顯示 $1 \text{ kgw}/\text{cm}^2$ 時，【微量水壓計】彈簧壓縮 20.20 mm 。

(3). 壓力的計算方式為：壓力 = 施力/受力面積

(4). 利用自製【壓縮距離測量器】測出壓縮彈簧距離與所需要的力量，

如右表所示：

壓縮距離	所需力量
31.15 mm	2732.2 公克
20.20 mm	1893.6 公克



(5). 針筒內直徑為 15.30 mm ，面積為 $(15.30 / 2)^2 \times 3.14 = 183.7 \text{ mm}^2$

(6). 將測到的所需力量與彈簧壓縮距離用算式算出壓力：

$$\text{壓力} = 2.7322 \text{ kgw} / 1.837 \text{ cm}^2 = 1.487 \text{ kgw}/\text{cm}^2 \text{ (與外購水壓計測出 } 1.5 \text{ 誤差 } 0.9\%)$$

$$\text{壓力} = 1.8936 \text{ kgw} / 1.837 \text{ cm}^2 = 1.028 \text{ kgw}/\text{cm}^2 \text{ (與外購水壓計測出 } 1 \text{ 誤差 } 2.8\%)$$

(7). 經過測量、計算證明，我們自製的【微量水壓計】與外購的水壓計測量誤差很小，代表可以當作測量工具。而且經過 5 次測試，【微量水壓計】在水壓 $1.5 \text{ kgw}/\text{cm}^2$ 與 $1 \text{ kgw}/\text{cm}^2$ 的情形下，都能壓縮相同的距離，代表可信度很高。

- (8). 我們設計【微量水壓計】最主要是為了比較同一根水管前、後端的壓力是否有差異（相對值），而不是要準確的測出真正的壓力是多少（絕對值），所以就算跟外面買的水壓計有些微誤差，我們設計的【微量水壓計】還是可以讓我們進行測量比較。



【微量水壓計】的刻度，每一條線代表 0.1 kgw/cm^2 。

二、水管鑽孔洞的標準流程



在 PVC 水管上用奇異筆畫一條黑線，洞就鑽在黑線上，才能確定洞在同一平面上。



跟總務處借固定式的鑽孔機，這樣洞口才不會歪斜，而且都會一樣大。



實際測試時，孔洞還是會亂噴水，所以塞進了切掉頭的針筒蓋引導水流。



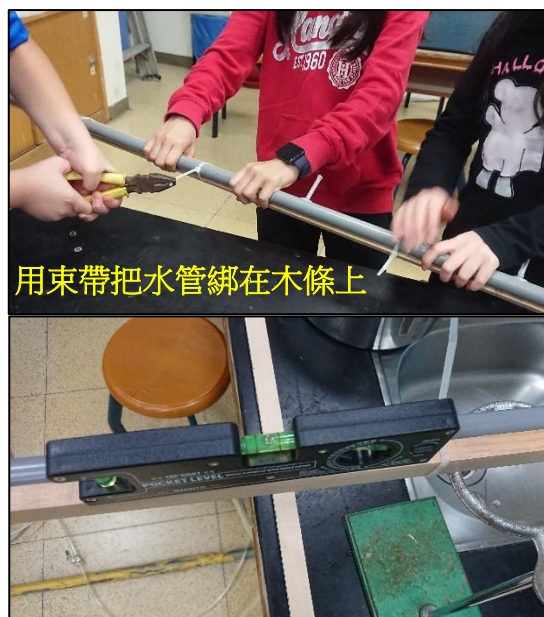
進行實驗時，會在針筒蓋上接上水管，確定水都流進鍋子，讓實驗更準確。

三、制定實驗的標準流程

1. 進行「孔洞出水量」實驗時，每次水龍頭打開 30 秒。
2. 關水後，等孔洞外水管滴水滴乾淨後，用電子秤進行秤重，測量水量。
3. **出水口必須離開水面**，我們發現因為壓力的關係，別孔洞在出水時會把這個孔洞的水再吸回去。



4. 因為 PVC 水管有彈性會彎曲，所以實驗時我們把它綁在木條上。
5. 為了準確性，實驗前會先用水平儀確定水管是否水平。也可以用水平儀確定 PVC 水管的傾斜角度是我們實驗需要的。
6. 實驗後的水都先倒進大水桶，供日常澆花或是上實驗課時使用，節省水資源。。



【研究二】

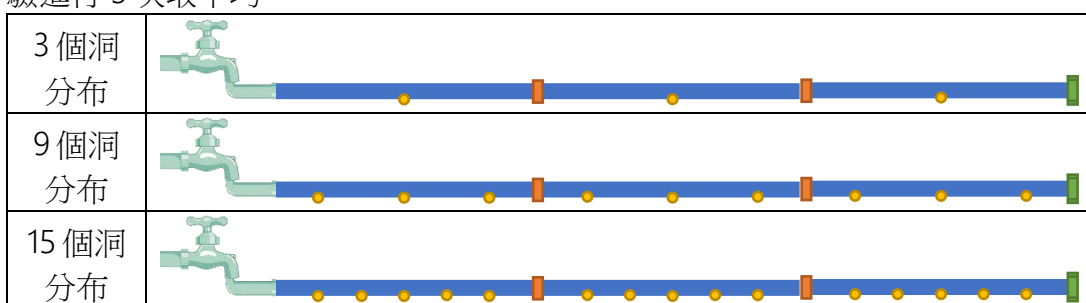
同一條管線不同情況下，【各孔洞出水量】與【管線前中後水壓】比較

一、不同孔洞數量是否影響各孔洞出水量與管線前中後水壓

水能流動是因為水壓，我們想了解不同孔洞數量是不是會影響水壓變化和各孔洞的出水量。

1. 實驗設計

- (1). 我們買了 3 段水管，用連接管連結成一長條管線。
- (2). 決定進行 3 種不同數量孔洞的實驗，分別是 15 個洞、9 個洞、3 個洞，每項實驗進行 3 次取平均。

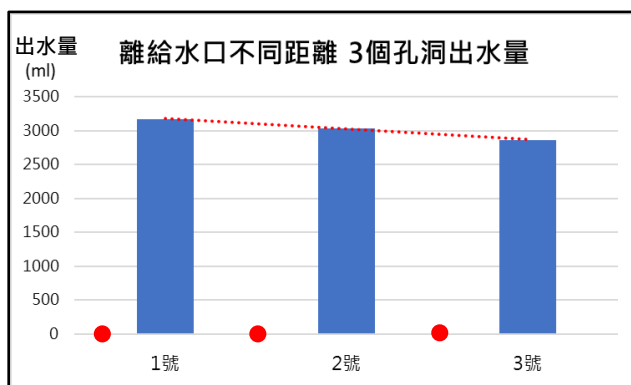


- (3). 在整條管線的前、中、後裝上我們設計的「微量水壓計」，測量水壓變化。



2. 實驗結果：

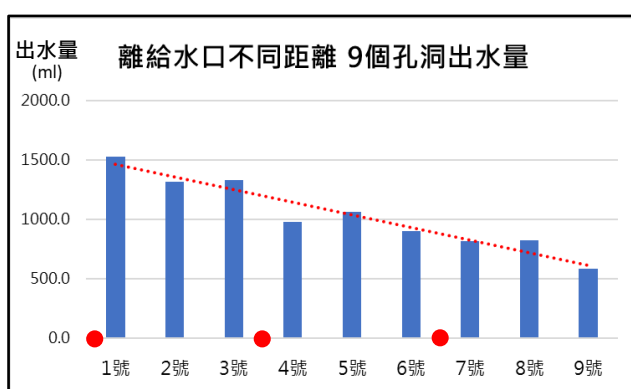
(1). 3 個孔洞，1 號離給水口最近，3 號離給水口最遠，總出水量：9065.1 ml。



用【**微量水壓計**】
測量管線前、中、
後的水壓，**放置位**
置用紅點標示。

位置	前	中	後
水壓	0.3	0.3	0.23

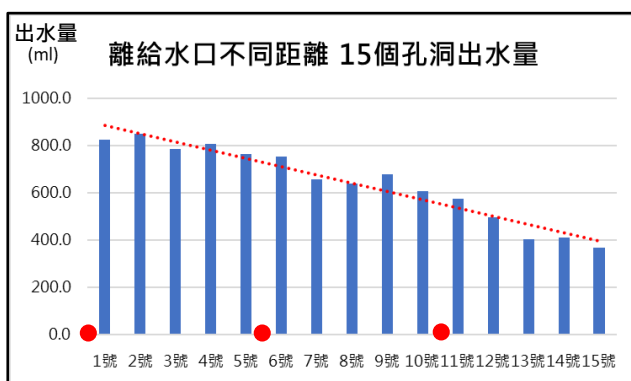
(2). 9 個孔洞，1 號離給水口最近，9 號離給水口最遠，總出水量：8985.9 ml。



用【**微量水壓計**】
測量管線前、中、
後的水壓，**放置位**
置用紅點標示。

位置	前	中	後
水壓	0.22	0.13	0

(3). 15 個孔洞，1 號離給水口最近，15 號離給水口最遠，總出水量：9630.9 ml。



用【**微量水壓計**】
測量管線前、中、
後的水壓，**放置位**
置用紅點標示。

位置	前	中	後
水壓	0	0	0

3. 實驗討論

- 孔洞越多，總出水量越多，但是差距沒有很大，15 個洞跟 3 個洞的總出水量只相差 5.8% 的總水量。
- 從紅色趨勢線來看，越靠近給水口的孔洞出水量越多。
- 孔洞越多**，前後孔洞出水量差距越大，**紅色趨勢線越傾斜**；
孔洞越少，前後孔洞出水量差距越小，**紅色趨勢線越平**；
我們推測前後孔洞出水量有差異是因為水壓的關係。
- 越靠近給水口的地方水壓越大，越遠越小。15 個洞口的管線因為孔洞太多，管線內部無法累積壓力，所以測不到水壓。

(5). 孔洞越多，前後端水壓會有差距。

前端水壓大，出水量多；後端水壓小(幾乎沒有)，出水量少。

(6). 孔洞越少，前後端水壓較無差異，所以前後孔洞出水量相近，最多只差 9.7%。

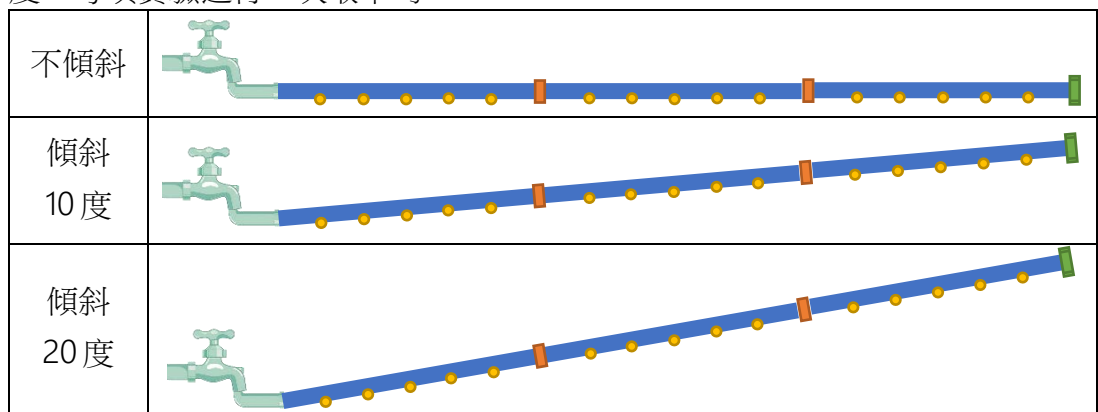
二、管線不同傾斜角度是否影響各孔洞出水量與管線前中後水壓

因為在種植物時，有可能會遇到地不平或山坡地，所以我們想知道如果管線傾斜，會不會影響各孔洞的出水量。

1. 實驗設計

(1). 我們買了 3 段水管，用連接管連結成一長條管線。

(2). 決定進行 6 項實驗，分別是 15 個洞、9 個洞、3 個洞，搭配管線傾斜 10 度、20 度，每項實驗進行 3 次取平均。



(3). 在整條管線的前、中、後裝上我們設計的「微量水壓計」，測量水壓變化。

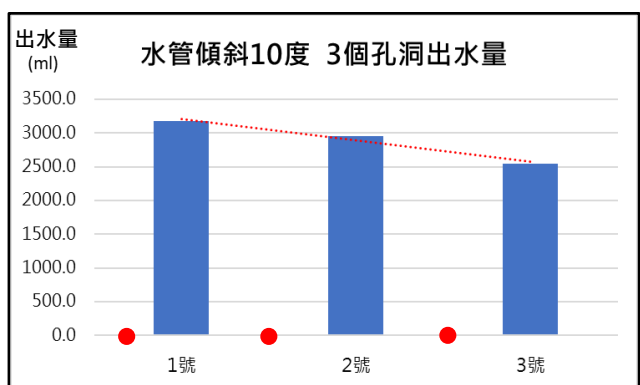


2. 實驗結果：

(1). 管線往上傾斜 10 度，3 個孔洞，1 號離給水口最近，3 號離給水口最遠，總出水量：8682.8 ml。

用【微量水壓計】
測量管線前、中、
後的水壓，放置位
置用紅點標示。

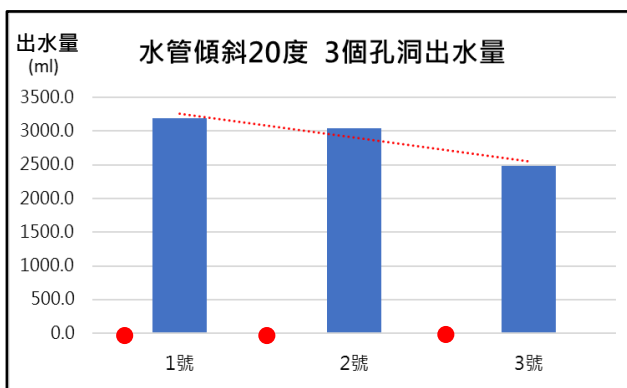
位置	前	中	後
水壓	0.3	0.28	0.18



- (2). 管線往上傾斜 20 度，3 個孔洞，1 號離給水口最近，3 號離給水口最遠，總出水量：8721.7 ml。

用【微量水壓計】
測量管線前、中、
後的水壓，**放置位置用紅點標示。**

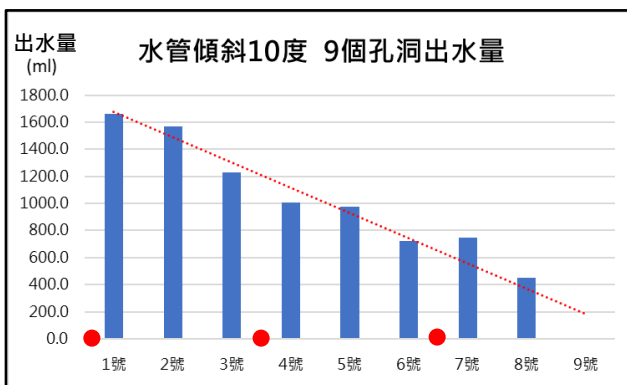
位置	前	中	後
水壓	0.3	0.27	0.2



- (3). 管線往上傾斜 10 度，9 個孔洞，1 號離給水口最近，9 號離給水口最遠，總出水量：8352 ml。

用【微量水壓計】
測量管線前、中、
後的水壓，**放置位置用紅點標示。**

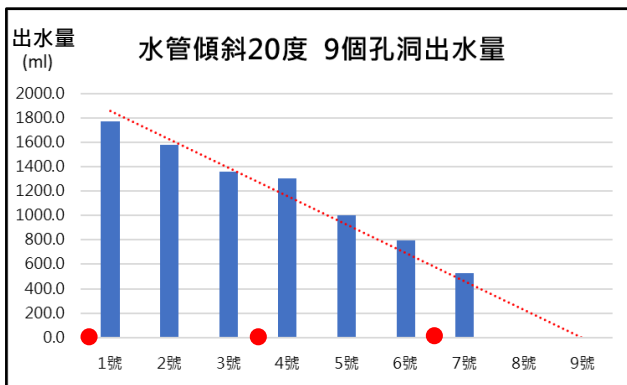
位置	前	中	後
水壓	0.2	0.12	0



- (4). 管線往上傾斜 20 度，9 個孔洞，1 號離給水口最近，9 號離給水口最遠，總出水量：8334.3 ml。

用【微量水壓計】
測量管線前、中、
後的水壓，**放置位置用紅點標示。**

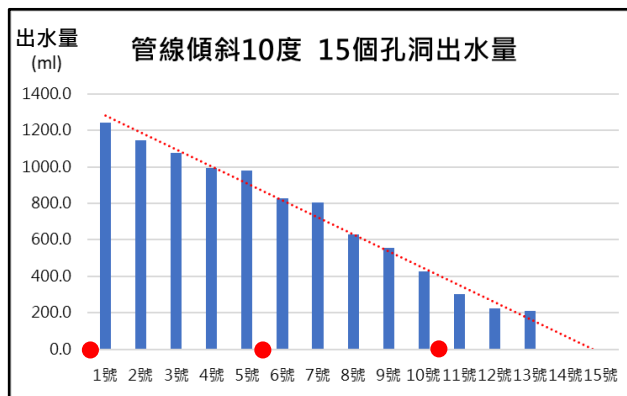
位置	前	中	後
水壓	0.2	0.1	0



- (5). 管線往上傾斜 10 度，15 個孔洞，1 號離給水口最近，15 號離給水口最遠，總出水量：9427.9 ml。

用【微量水壓計】
測量管線前、中、
後的水壓，**放置位置用紅點標示。**

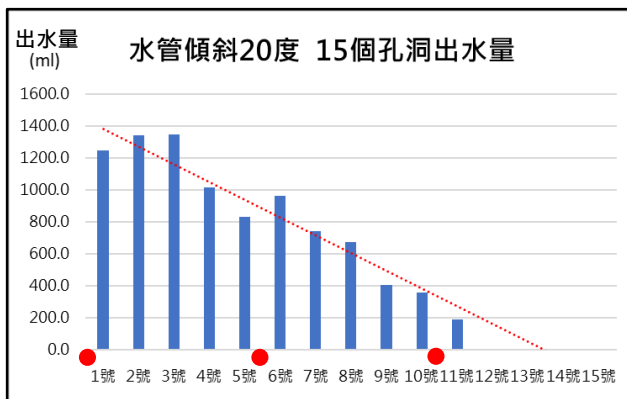
位置	前	中	後
水壓	0	0	0



(6). 管線往上傾斜 20 度，15 個孔洞，1 號離給水口最近，15 號離給水口最遠，總出水量：9134.5 ml。

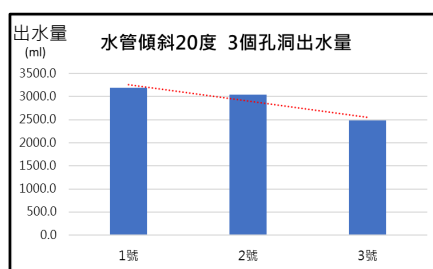
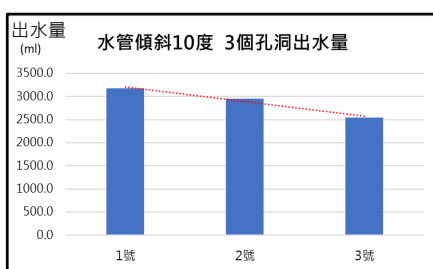
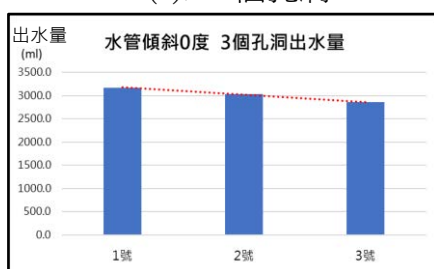
用【微量水壓計】
測量管線前、中、
後的水壓，**放置位置用紅點標示。**

位置	前	中	後
水壓	0	0	0



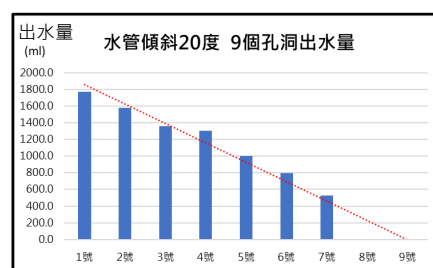
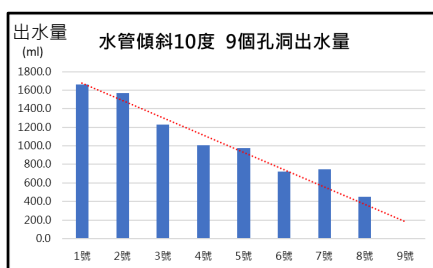
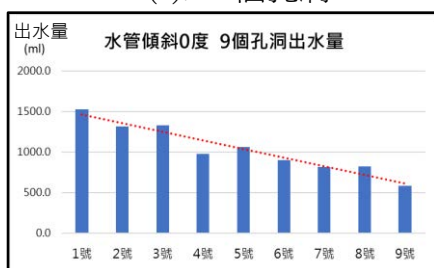
3. 實驗討論

(1). 3 個孔洞



- 傾斜角度越大，末端孔洞的出水量有減少，最多只減少 11.7 %。
- 傾斜 0 度、10 度、20 度的總出水量分別是 9065.1 ml、8682.8 ml、8721.7 ml，最多與最少只差 4.4%。
- 因為管線傾斜，讓尾端孔洞減少流出的水，造成前端孔洞流量增加。第一個洞的出水量增加了 0.8 %（傾斜 20 度和不傾斜比較）。
- 前中後的水壓，前端較大、後端較小。三種傾斜角度互相比較，並沒有明顯的差異。
- 推測因為重力的關係，導致尾端孔洞出水量減少，而前端孔洞出水量增加。但是因為整條管線只有 3 個洞，管線內水壓較大，所以前後端的孔洞出水量沒有很大的差異。

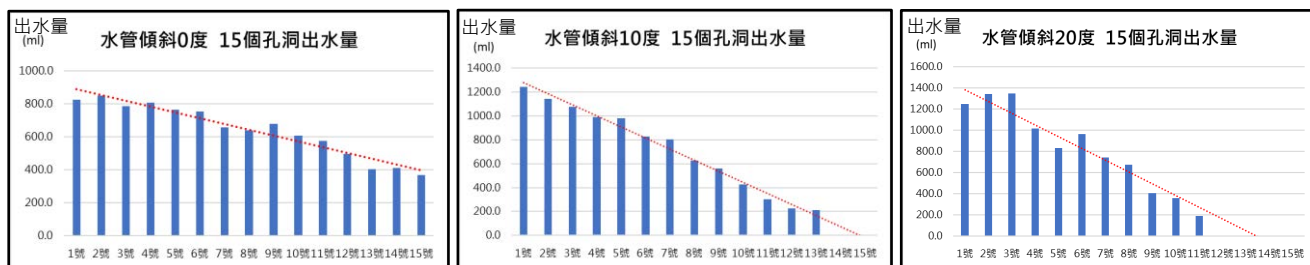
(2). 9 個孔洞



- 傾斜角度越大，末端孔洞的出水量越少，傾斜管線最後的孔洞都無法出水。
- 傾斜 0 度、10 度、20 度的總出水量分別是 8985.9 ml、8352 ml、8334.3 ml，最多與最少只差 7.8%。
- 因為管線傾斜，讓尾端孔洞減少流出的水，都從前端孔洞流出。前三個洞的出水量平均增加了 13.2%（傾斜 20 度和不傾斜比較）。

- 前中後的水壓，前端較大、後端較小。但是三種傾斜角度互相比較，並沒有明顯的差異。
- 推測因為重力的關係，導致尾端孔洞出水量減少，而前端孔洞出水量增加。

(3). 15 個孔洞

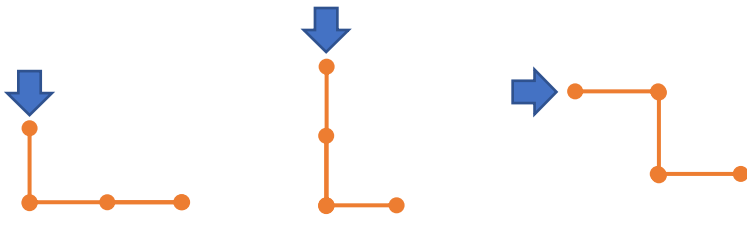


- 傾斜角度越大，末端孔洞的出水量越少，無法出水的孔洞越多。
- 傾斜 0 度、10 度、20 度的總出水量分別是 9630.9 ml、9427.9 ml、9134.5 ml，最多與最少只差 5.1%。
- 因為管線傾斜，讓尾端孔洞減少流出的水，都從前端孔洞流出。前三個洞的出水量平均增加了 59.9%（傾斜 20 度和不傾斜比較）。這也就是為什麼三種傾斜角度的總水量沒有相差很多。
- 因為孔洞過多，管線內部無法累積壓力，所以測不到水壓。
- 推測因為重力的關係，導致尾端孔洞無法出水，而前端孔洞出水量增加很多。

三、管線轉角數量是否影響各孔洞出水量與管線前中後水壓

我們認為，管線轉彎的時候水流是先撞到管子才轉彎，不同的轉彎個數，會不會影響各孔洞的出水量。

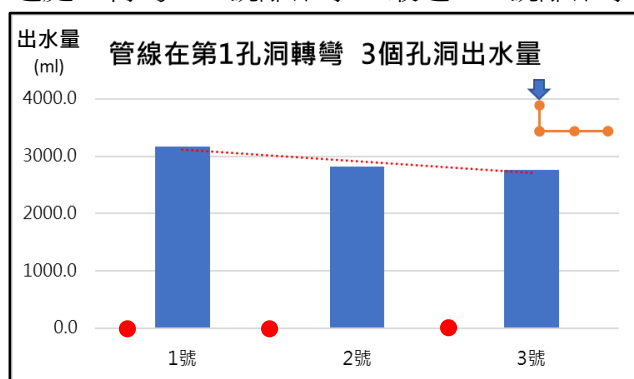
1. 實驗設計

- (1). 把 3 段水管，用右邊的方式連接：

- (2). 決定進行 9 項實驗，分別是 3 個洞、9 個洞、15 個洞，搭配 3 種管線轉彎方式，每項實驗進行 3 次取平均。

2. 實驗結果：

【3 個孔洞】

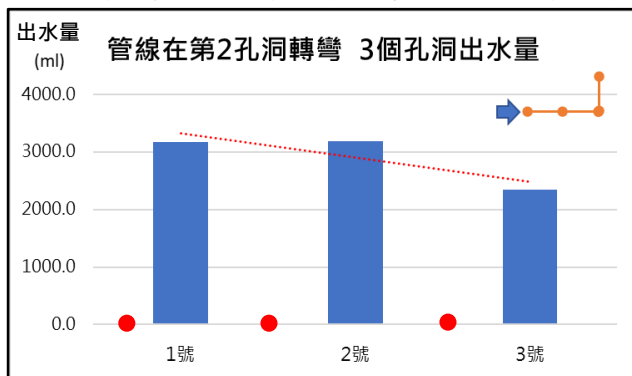
- (1). 近處 1 轉彎，1 號離給水口最近，3 號離給水口最遠，總出水量：8743.9 ml。



用【微量水壓計】
測量管線前、中、
後的水壓，放置位
置用紅點標示。

位置	前	中	後
水壓	0.3	0.22	0.15

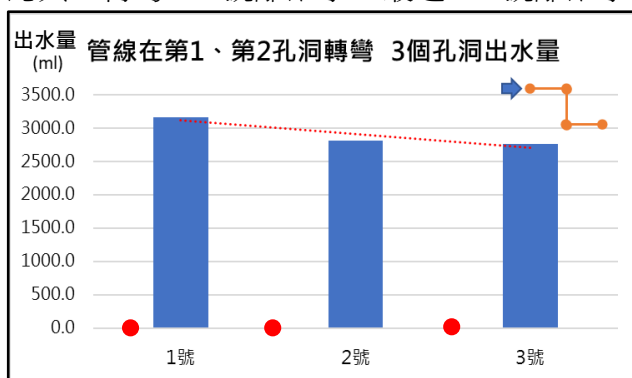
- (2). 遠處 1 轉彎，1 號離給水口最近，3 號離給水口最遠，總出水量：8708.0 ml。



用【微量水壓計】
測量管線前、中、
後的水壓，**放置位
置用紅點標示。**

位置	前	中	後
水壓	0.3	0.25	0.1

- (3). 總共 2 轉彎，1 號離給水口最近，3 號離給水口最遠，總出水量：8503.4 ml。

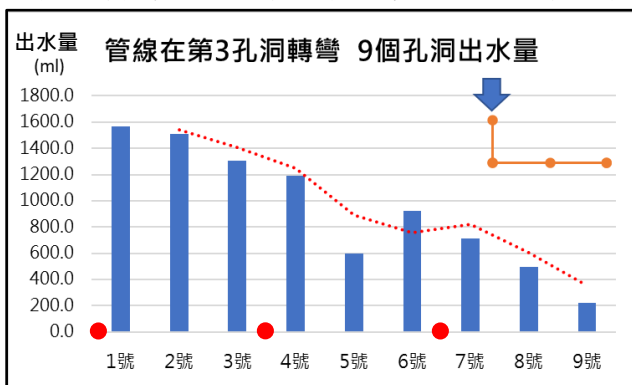


用【微量水壓計】
測量管線前、中、
後的水壓，**放置位
置用紅點標示。**

位置	前	中	後
水壓	0.3	0.17	0.12

【9個孔洞】

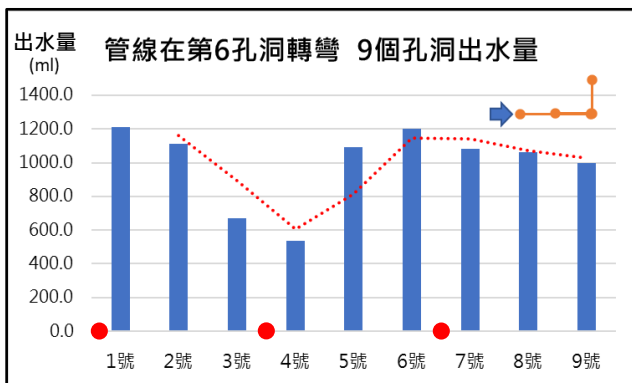
- (4). 近處 1 轉彎，1 號離給水口最近，9 號離給水口最遠，總出水量：8525.5 ml。



用【微量水壓計】
測量管線前、中、
後的水壓，**放置位
置用紅點標示。**

位置	前	中	後
水壓	0.2	0.05	0.05

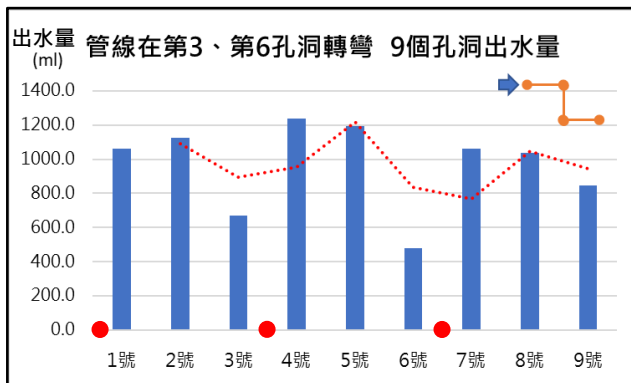
- (5). 遠處 1 轉彎，1 號離給水口最近，9 號離給水口最遠，總出水量：8957.2 ml。



用【微量水壓計】
測量管線前、中、
後的水壓，**放置位
置用紅點標示。**

位置	前	中	後
水壓	0.2	0.05	0

- (6). 總共 2 轉彎，1 號離給水口最近，9 號離給水口最遠，總出水量：8708.1 ml。

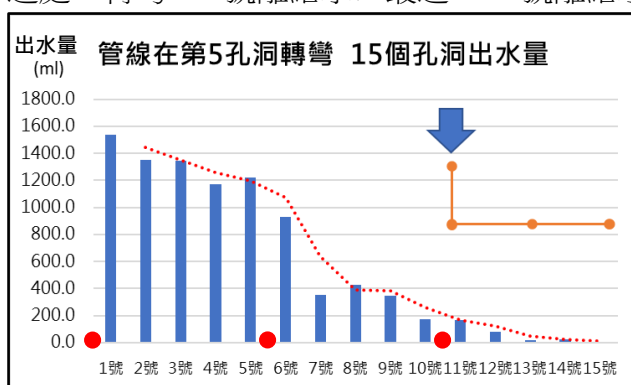


用【微量水壓計】
測量管線前、中、
後的水壓，**放置位**
置用紅點標示。

位置	前	中	後
水壓	0.2	0.05	0.02

【15個孔洞】

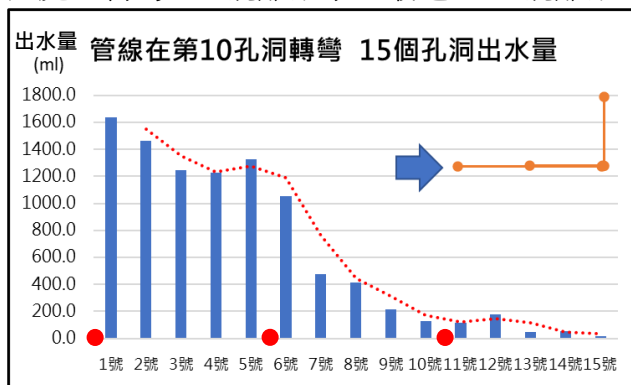
- (7). 近處 1 轉彎，1 號離給水口最近，15 號離給水口最遠，總出水量：9139.6 ml。



用【微量水壓計】
測量管線前、中、
後的水壓，**放置位**
置用紅點標示。

位置	前	中	後
水壓	0	0	0

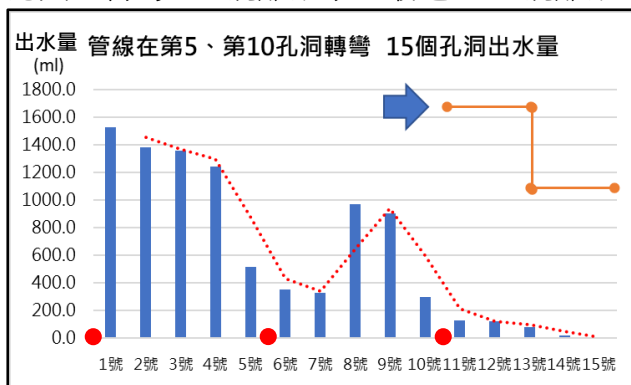
- (8). 遠處 1 轉彎，1 號離給水口最近，15 號離給水口最遠，總出水量：9595.5 ml。



用【微量水壓計】
測量管線前、中、
後的水壓，**放置位**
置用紅點標示。

位置	前	中	後
水壓	0	0	0

- (9). 總共 2 轉彎，1 號離給水口最近，15 號離給水口最遠，總出水量：9241.9 ml。

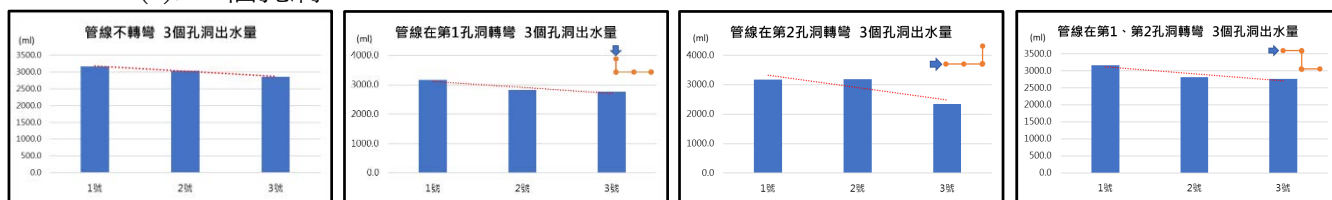


用【微量水壓計】
測量管線前、中、
後的水壓，**放置位**
置用紅點標示。

位置	前	中	後
水壓	0	0	0

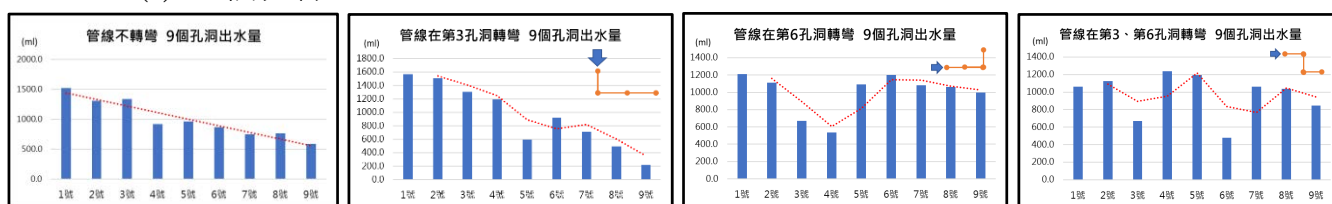
3. 實驗討論

(1). 3 個孔洞



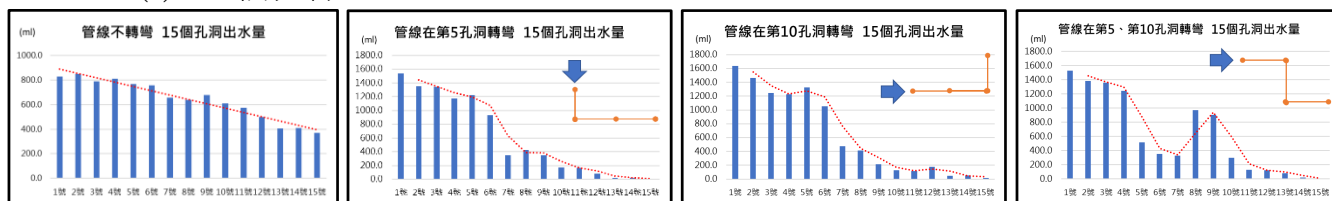
- 從孔洞出水量曲線可以發現，管線轉彎會造成各孔洞出水量些微改變。
- 這四種情形的總出水量，最多與最少只差 6.2 %。
- 因為水管轉彎，造成最末端的水壓比沒轉彎的最少了 0.2 kgw/cm^2 。
- 因為全部只有 3 個孔洞，各孔洞出水量沒有大幅度的變化。

(2). 9 個孔洞



- 從孔洞出水量曲線可以發現，管線轉彎會造成孔洞出水量產生變化。
- 這四種情形的總出水量，最多與最少只差 5.1 %。
- 管線轉彎一次，出水量曲線會有一次大幅下降；而管線轉彎兩次，出水量曲線會：大幅下降→升高→再下降。
- 因為水管轉彎，造成最末端的水壓比沒轉彎的最少了 0.2 kgw/cm^2 。
- 因為管線轉彎，部分孔洞下降的水量，會從其他孔洞出來。

(3). 15 個孔洞



- 從孔洞出水量曲線可以發現，管線轉彎會造成末端的孔洞出水量減少。
- 這四種情形的總出水量，最多與最少只差 5.1 %。
- 管線轉彎一次，出水量曲線會有一次大幅下降；而管線轉彎兩次，出水量曲線會：大幅下降→升高→再下降。
- 因為管線轉彎，讓尾端孔洞減少流出的水，都從前端孔洞流出。前三個洞的總出水量增加了 73.9 %。

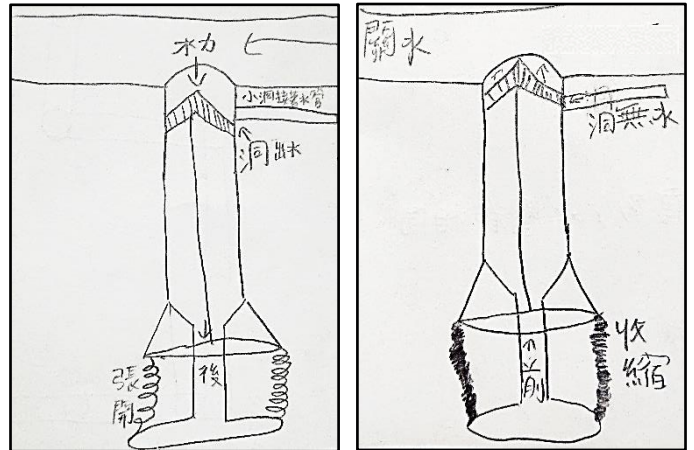
目前從以上實驗可以很明顯的發現：管線孔洞數量、管線傾斜、管線轉彎這三個變因，會造成孔洞的出水量有較大的差異，最後面的孔洞甚至可能不出水。而且發現前端水壓大出水量就多；後端水壓小出水量少。

解決方法：在孔洞外設計一個裝置，管線累積一定的水壓後，才同時把孔洞外的裝置推開，讓所有孔洞同時出水。

【研究三】設計「孔洞等量出水裝置」- 利用水壓同時開啟孔洞

一、第一代：利用拉伸彈簧的恢復力

利用彈簧拉長後會彈回去的特性，把它裝在針筒上，形成以下的變化：**水壓把針筒推開 → 彈簧拉長 → 關水水壓降低 → 彈簧收縮力把針筒拉回原狀。**



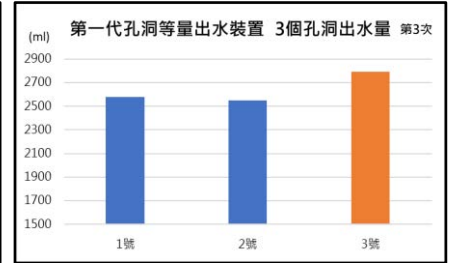
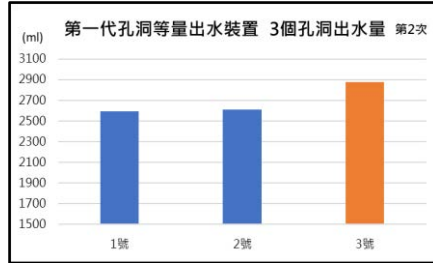
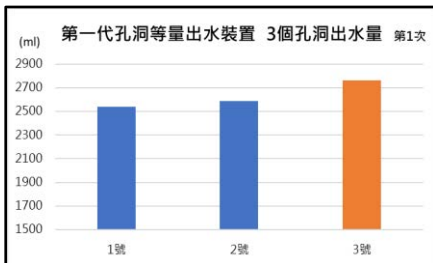
把「第一代孔洞等量出水裝置」用熱融膠黏在 PVC 管上

針筒蓋出水口

拉伸彈簧

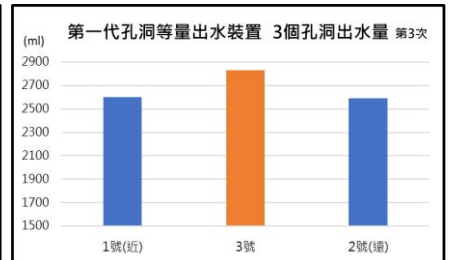
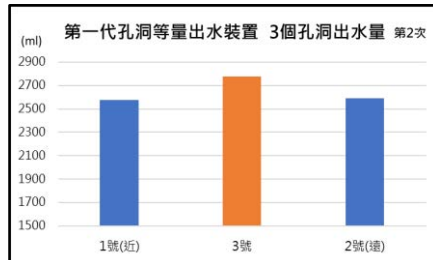
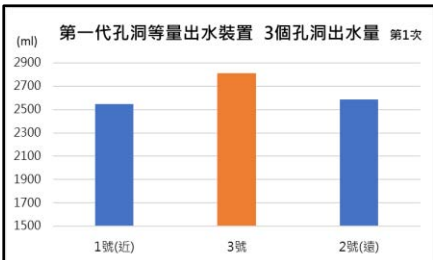
1. 測試方式：我們在管線中接上 3 個【孔洞等量出水裝置】，開水 30 秒進行測試。3 個裝置分別編號 1、2、3。1 號最接近給水口，3 號最遠。

2. 測試結果：測試三次的結果如下



對於這樣的結果我們覺得很奇怪，為什麼最遠的孔洞裝置出水量竟然最大？這是前面所有實驗都沒有出現過的情形。所以我們決定把這 3 個裝置的前後順序調換一下。為了方便說明，調換後的編號維持原本的編號。

3. 調換裝置順序後的測試結果：測試三次的結果如下



發現問題了！編號 3 號的裝置換位置後，還是出水量最多的。我們想問題出在彈簧。即使我們把每段彈簧都剪一樣的長度，但是可能還是會有些微的差異，甚至針筒本身也可能會有不同的摩擦力，造成水壓把裝置推開的時間、大小會不一樣，出水量就會不同，所以我們必須重新設計。

二、第二代：利用壓縮彈簧的恢復力，而且可調整彈簧力量的設計，讓每個孔洞出水量更接近

1. 初步設計

- (1). 針筒活塞底部黏一片木板
- (2). 針筒身上套一個彈簧，再穿過一片木板。
- (3). 兩片木板用螺絲和螺帽鎖在一起。
- (4). 螺帽鎖的越上面，彈簧會被壓縮的越緊。
- (5). 彈簧壓縮越緊，針筒活塞越難被拉開。



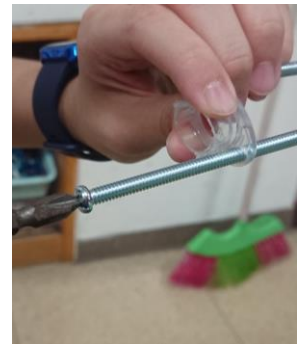
2. 改良過程：因為木板體積太大而且不防水，所以我們想用塑膠跟不鏽鋼來改造。



切下較大的針筒底部，取代初步設計上方的木板。(取名叫做上蓋)



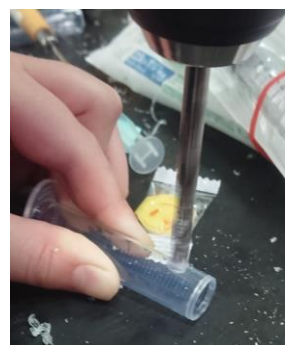
在切下來的部分針筒兩側鑽洞，把長螺絲釘鎖進去。



活塞底部用熱熔膠黏上一片兩邊有洞的不鏽鋼片，取代初步設計下方的木板。(取名叫做底座)



針筒套上彈簧後，把上蓋也套進針筒，長螺絲釘插進底座的兩個洞，用蝶形螺帽鎖進去固定。



針筒前端鑽洞，黏上針筒蓋，當作出水口。



把整個裝置黏在 PVC 管上，方便拆裝在管線中。要注意熱熔膠不能黏住上蓋！



彈簧比較鬆，要把針筒推開比較容易



彈簧比較緊，要把針筒推開較不容易



「第二代孔洞等量出水裝置」

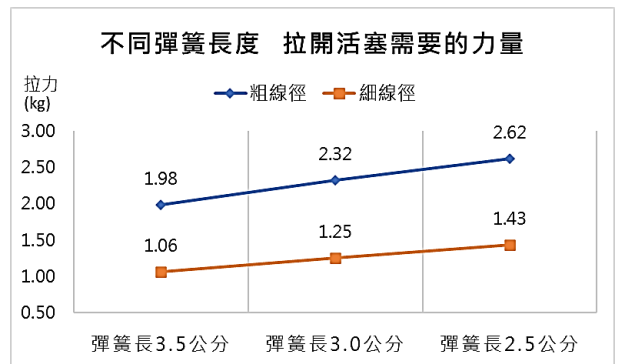
3. 實際測試：

- (1). 拉力測試：壓縮彈簧是否真的比較難推開活塞
用彈簧秤勾住「第二代孔洞等量出水裝置」的底座，
記錄不同彈簧長度，拉開活塞到刻度 2 的力量大小。



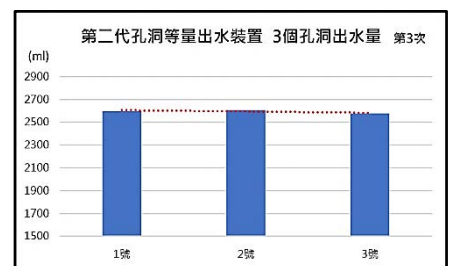
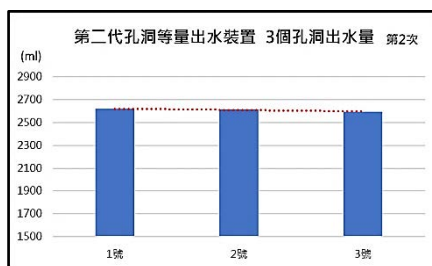
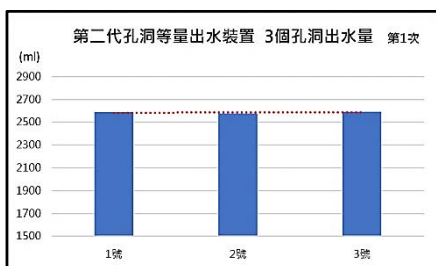
【測試結果】

- 彈簧壓縮越短，會越緊，拉開活塞需要的拉力越大，符合我們「可調式」的需要。
- 從數據圖可以發現，力量的變化線段是呈現等比例的，推測跟彈簧遵守虎克定律有關。
- 換線徑較細的彈簧做拉力測試，結果發現較小的拉力就可拉開活塞（橘線）。



(2). 出水量測試

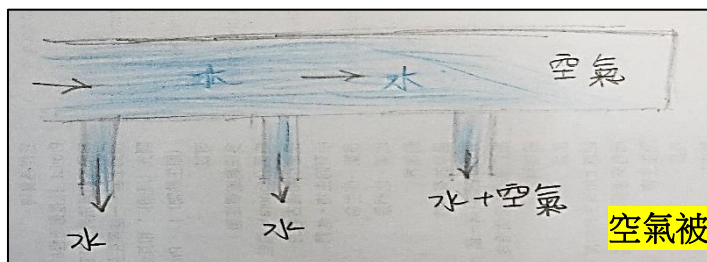
- 測試方式：我們在管線中接上 3 個【第二代孔洞等量出水裝置】，開水 30 秒進行測試。3 個裝置分別編號 1、2、3。1 號最接近給水口，3 號最遠。
- 測試結果：經過調整彈簧鬆緊後，測試三次的結果如下：



- 測試結果效果很好，三個裝置出水量非常接近，三次實驗中最多與最少的水量只差 0.9 %。

(3). 發現問題！

- 以上 3 次實驗是在「管線充滿水」的情形下進行的，但是在最一開始實驗時發現，出水時會發出「撲ㄗ撲ㄗ」的聲音。
- 因為管線第一次使用時裡面都是空氣，開水時壓力把【第二代孔洞等量出水裝置】推開，但是最末端的裝置是被「水+空氣」推開的。
- 但是第二次之後的實驗因為管線充滿水，不會有這樣的情形。我們覺得這樣會讓出水量不均勻，所以想設計一個會自動排氣，排氣完又會自動關閉、不會漏水的裝置。

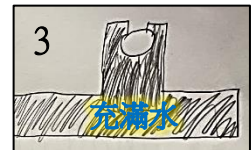
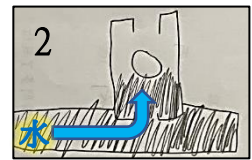


空氣被擠壓到後面，和水一起排出

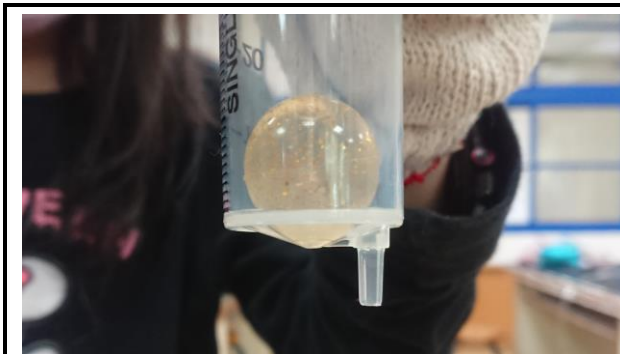
【研究四】設計「管線自動排氣裝置」- 解決管線內空氣干擾的問題

一、設計想法

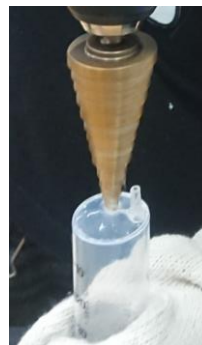
1. 空氣排出去後，會自動關起來，水出不去。
2. 因為空氣密度比水小，所以開口朝上，盡量讓空氣先出去。
3. 因為開口朝上，所以堵住開口的東西要隨水流被衝上去，這個東西密度要比水小。
4. 堵住開口的東西要有彈性不能是硬的，才能完全堵住開口沒有漏縫。
5. 湯姆熊遊樂場有個遊戲叫「抓漂浮彈力球」，這個球能漂浮在水上又有彈性，我們想拿它來當作堵住開口的東西。



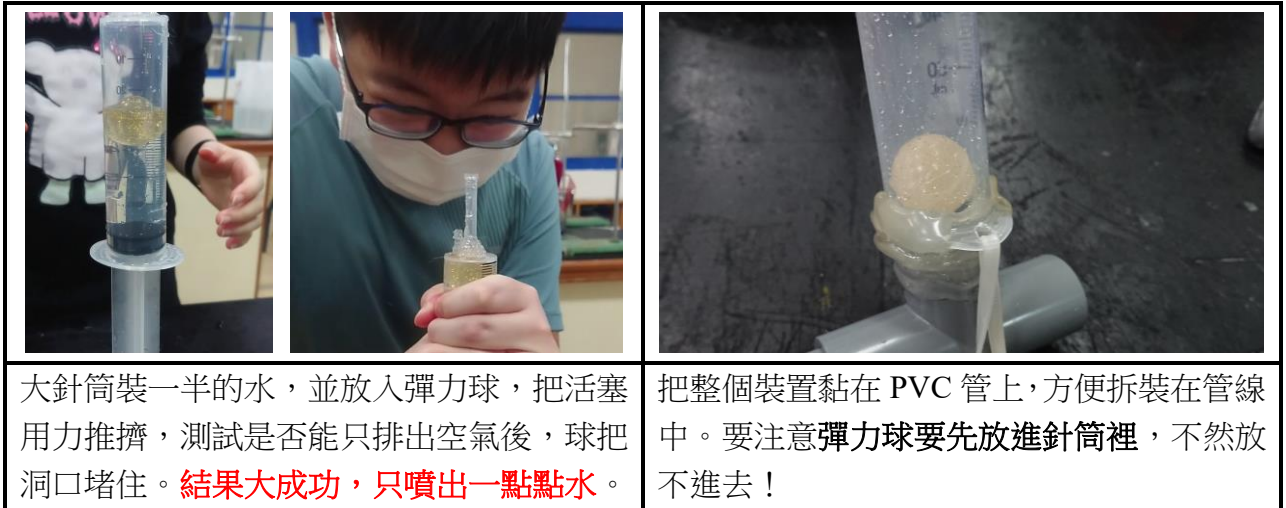
二、製作過程



彈力球剛好可以卡在大針筒中間角錐狀的部分，而且彈力球沒有塞滿整個針筒，周圍還有空間可以讓空氣通過。



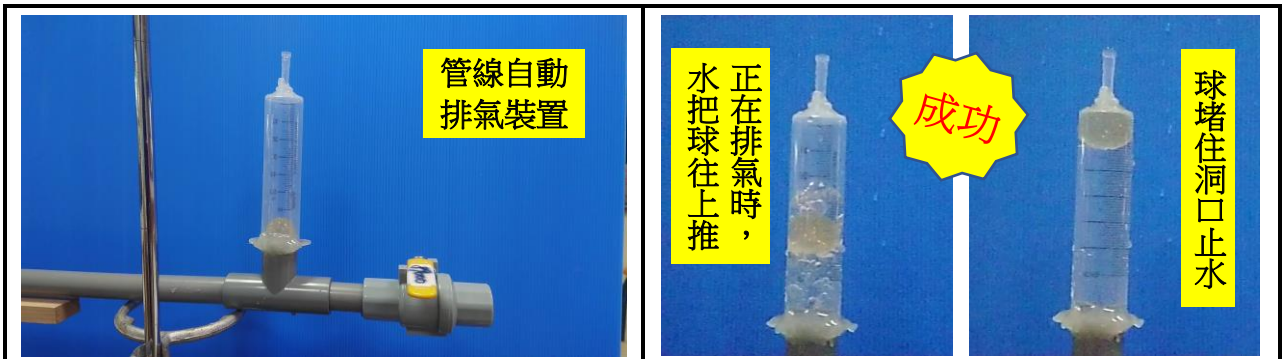
在大針筒中間用電鑽鑽出個洞，用熱溶膠黏上針筒蓋，以後當做空氣的出口，把原本針筒的小出口用熱溶膠封住。



大針筒裝一半的水，並放入彈力球，把活塞用力推擠，測試是否能只排出空氣後，球把洞口堵住。**結果大成功，只噴出一點點水。**

把整個裝置黏在 PVC 管上，方便拆裝在管線中。要注意彈力球要先放進針筒裡，不然放不進去！

三、實際測試



1. 把【管線自動排氣裝置】裝在管線的最後面。
2. 開水後，水往上衝把空氣擠出去，球跟著往上跑。最後整個針筒充滿水，球頂住開口水出不去。
3. 【管線自動排氣裝置】可以成功排出管線大部分的空氣，**減少對出水量的影響。**

【研究五】同一條管線不同情況下對【孔洞等量出水裝置】的影響

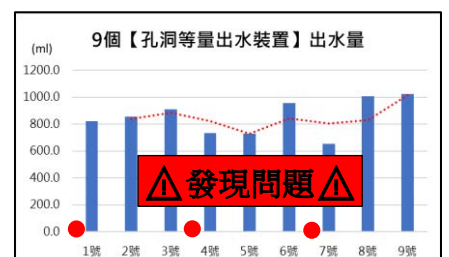
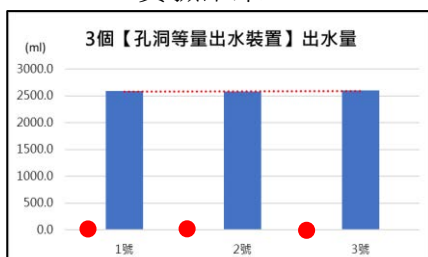
一、不同孔洞數量是否影響【孔洞等量出水裝置】的出水量

1. 實驗設計

- (1). 每個「孔洞等量出水裝置」間都用固定長度的 PVC 管連接變成一條直的管線，最後裝上【管線自動排氣裝置】
- (2). 決定進行 5 種不同數量孔洞的實驗，分別是 3 個、6 個、9 個、12 個、15 個「孔洞等量出水裝置」，每項實驗進行 3 次取平均。
- (3). 每次出水 30 秒；實驗結果都是取調整好彈簧鬆緊的出水量，編號越小越靠近前端。



2. 實驗結果



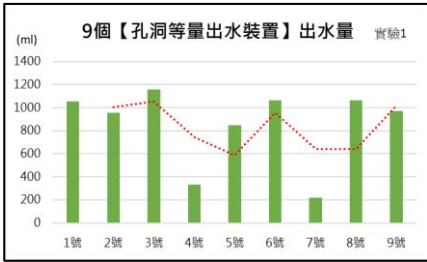
位置	前	中	後
水壓	0.9	0.92	0.9

位置	前	中	後
水壓	0.9	0.9	0.9

位置	前	中	後
水壓	0.65	0.63	0.62

【9 個孔洞等量出水裝置出水量，3 次實驗數據】

⚠發現問題⚠

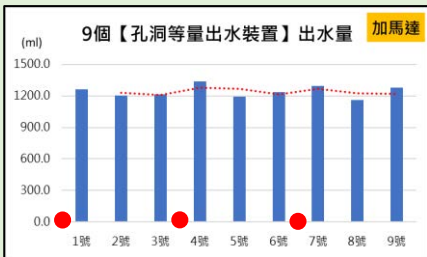


我們發現不管怎麼調整，都無法使 9 個出水口等量出水。鎖緊 3 號下次實驗變成 5 號出水太多；鎖緊 5 號下次實驗變成 7 號太多。討論後我們覺得是**因為水壓不足夠同時推開 9 個「孔洞等量出水裝置」**，所以決定**加裝馬達進行實驗**。

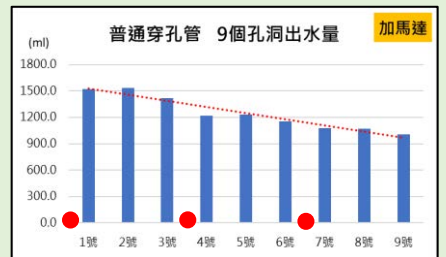
加裝馬達改造實驗管線



- 抽水馬達是去年缺水時學校購買，我們借來用
- 水的行進方式：
儲水桶 → 水管 → 抽水馬達 → 實驗管線 → 出水口
- 實驗後的水測完重量後，可以倒回儲水桶
- 水循環再利用，減少浪費



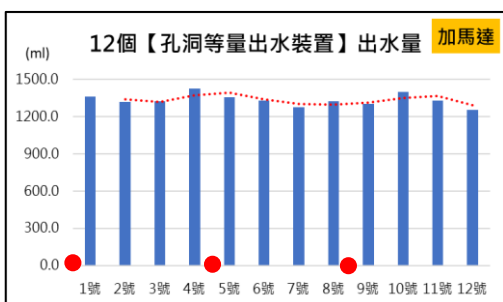
有同學懷疑，用了馬達後，管線的水壓增加，會不會就算不用「孔洞等量出水裝置」出水量也會一樣？所以我們拿一開始【研究二】9 個洞的穿孔管加裝馬達進行測試。



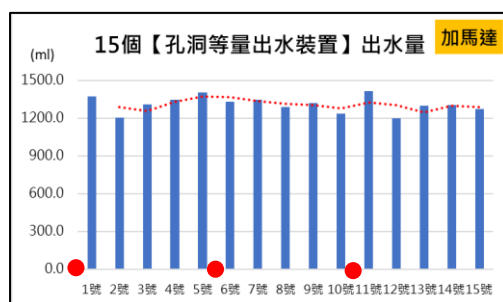
位置	前	中	後
水壓	1	1.03	1

位置	前	中	後
水壓	0.4	0.32	0.22

- ★ 結果普通穿孔管加裝馬達雖然有增加管線壓力，也有改善後端出水量較少的問題，但是前後出水量還是不夠平均，前後最多相差 52%。
- ★ 使用了「孔洞等量出水裝置」的管線，前後水壓穩定，前後出水量也較平均，最多與最少只相差 13%，所以除了馬達，「孔洞等量出水裝置」有讓出水量相近的功能！



位置	前	中	後
水壓	1	1	1



位置	前	中	後
水壓	1	0.95	0.97

3. 實驗討論

- (1). 使用我們設計的「第二代孔洞等量出水裝置」, 3 個孔洞出水量最大相差 **0.3%**; 6 個孔洞出水量最大相差 **8.3%**; 9 個孔洞出水量最大相差 **13.1%**; 12 個孔洞出水量最大相差 **10.1%**; 15 個孔洞出水量最大相差 **15.3%**, 「**第二代孔洞等量出水裝置**」真的能讓各孔洞的出水量不會差太多。
- (2). 要讓「第二代孔洞等量出水裝置」順利運作達到等量的效果: 6 個出水口以內, 水壓至少要 1.5 kgw/cm^2 ; 9~15 個出水口水壓至少需要 3 kgw/cm^2 。
- (3). 普通穿孔管沒有使用「第二代孔洞等量出水裝置」, 雖然增加水壓能提高管線後端的出水量, 但是**壓力前後有差**, 所以**水量還是有 52% 差距**。
- (4). 停止供水後, 「**第二代孔洞等量出水裝置**」會因為失去水壓馬上關閉出水口; 但是普通穿孔管的部分出水口還會繼續滴水, 導致出水不均勻。

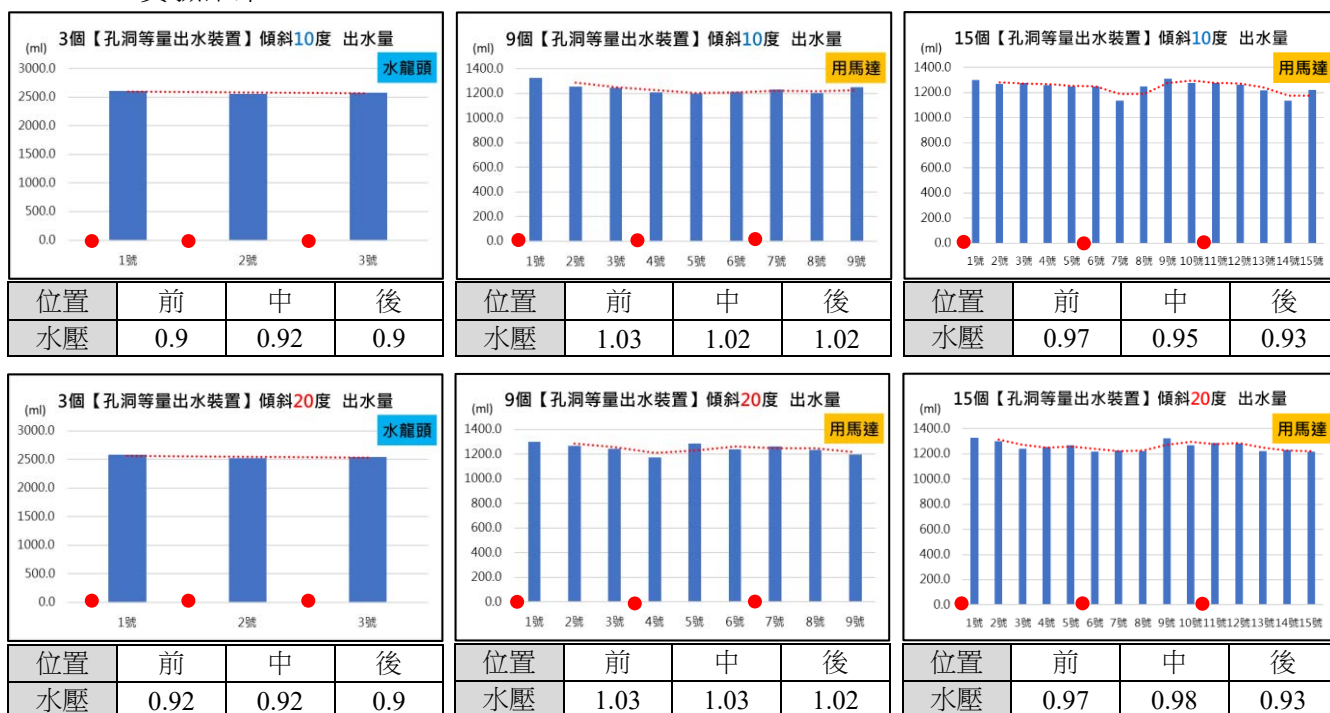
二、管線不同傾斜角度是否影響【孔洞等量出水裝置】的出水量

1. 實驗設計

- (1). 每個「孔洞等量出水裝置」間都用固定長度的 PVC 管連接變成一條直的管線, 最後裝上【管線自動排氣裝置】
- (2). 進行 6 項實驗, 分別是 3 個、9 個、15 個「孔洞等量出水裝置」, 搭配管線傾斜 10 度、20 度, 每項實驗進行 3 次取平均。
- (3). 每次出水 30 秒; 實驗結果都是取調整好彈簧鬆緊的出水量, 編號越小越靠近前端。



2. 實驗結果



3. 實驗討論

- (1). 管線傾斜 10 度時, 3 孔洞出水量最大相差 **1.8%**; 9 孔洞出水量最大相差 **9.5%**; 15 孔洞出水量最大相差 **13.3%**。

- (2). 管線傾斜 20 度時，3 孔洞出水量最大相差 **2.1%**；9 孔洞出水量最大相差 **9.8%**；15 孔洞出水量最大相差 **15.7%**。
- (3). 之前【研究二】的普通穿孔管，管線如果傾斜，各孔洞出水量最多會相差 **85.9%**（15 洞傾斜 20 度），最後 1~4 個出水口甚至不會出水，所以我們的「**第二代孔洞等量出水裝置**」真的能讓傾斜管線的各孔洞出水量有效的相近。

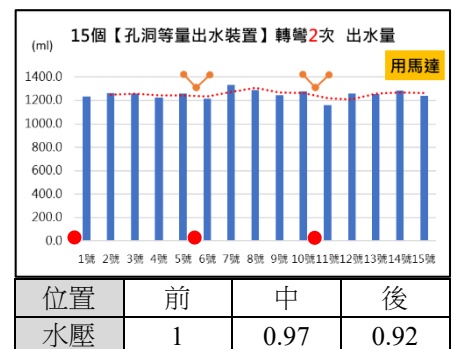
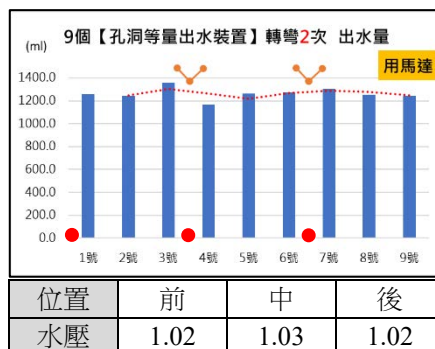
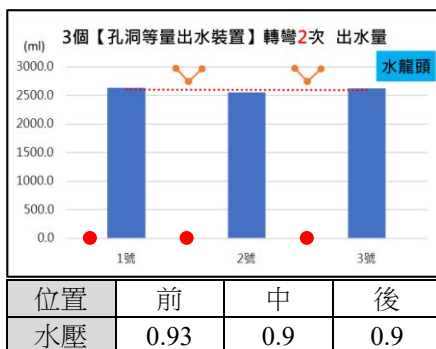
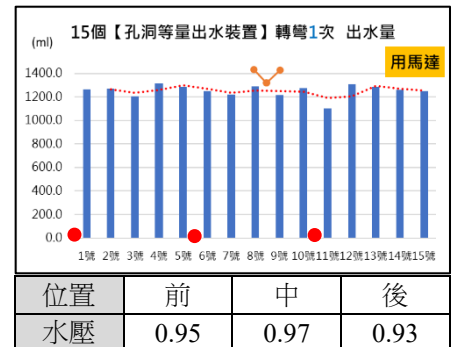
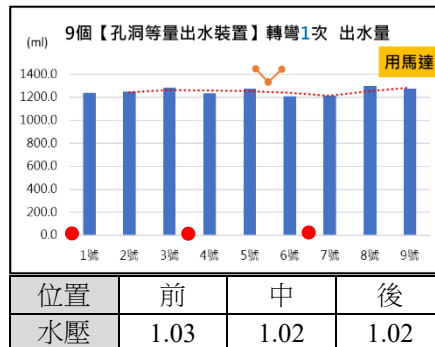
三、管線轉角數量是否影響【孔洞等量出水裝置】的出水量

1. 實驗設計：

- (1). 每個「孔洞等量出水裝置」間都用固定長度的 PVC 管連接，最後面再裝上【管線自動排氣裝置】
- (2). 進行 6 項實驗，分別是 3 個、9 個、15 個「孔洞等量出水裝置」，搭配管線轉彎 1 次和 2 次，每項實驗進行 3 次取平均。
- (3). 每次出水 30 秒；實驗結果都是取調整好彈簧鬆緊的出水量，編號越小越靠近前端。



2. 實驗結果： 代表轉彎的地方



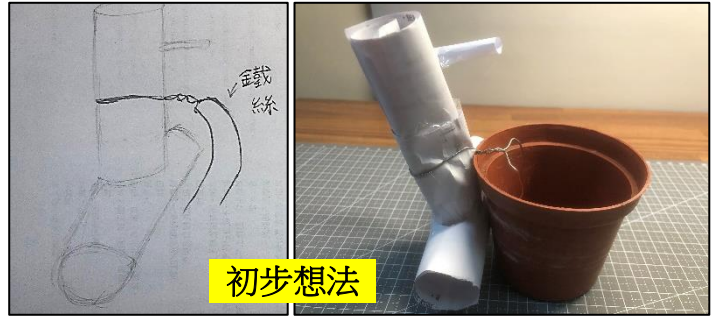
3. 實驗討論

- (1). 管線轉彎 1 次時，3 孔洞出水量最大相差 **1.9%**；9 孔洞出水量最大相差 **6.9%**；15 孔洞出水量最大相差 **16.3%**。
- (2). 管線轉彎 2 次時，3 孔洞出水量最大相差 **2.9%**；9 孔洞出水量最大相差 **14%**；15 孔洞出水量最大相差 **12.8%**。
- (3). 之前【研究二】的普通穿孔管，管線如果轉彎，各孔洞出水量最多會相差 **98.9%**（15 洞轉彎 1 次），最後 1~2 個出水口甚至不會出水，所以我們的「**第二代孔洞等量出水裝置**」真的能讓轉彎管線的各孔洞出水量有效的相近。

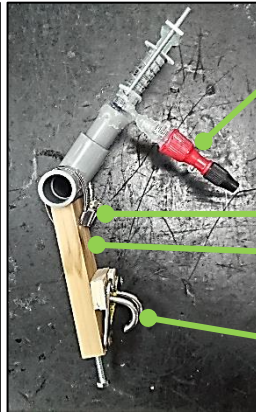
【研究六】實際測試「等壓出水等量灌溉系統」在種菜盆栽上的使用情形

一、設計能掛在盆栽上的裝置

我們想如果在盆栽旁邊還要另外架灌溉管線就太麻煩了，所以想設計**能掛在盆栽旁的【孔洞等量出水裝置】**，只要接通水管就好了，比較方便。

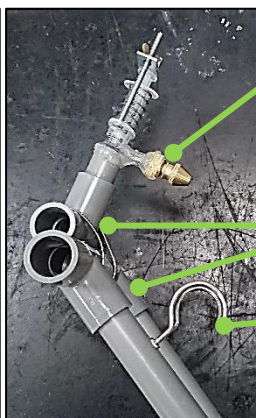


1. 第一代吊掛裝置



- (1). **加裝噴嘴**：針筒蓋出水會把土壤噴的到處都是，噴嘴可調出水強弱。
缺點：太長會干擾植物！
- (2). **可旋轉鐵環**：連接出水裝置和木條支撐桿，而且能調整出水角度。
- (3). **木條支撐桿**：頂住花盆側邊的支撐。
缺點：木頭碰水會膨脹、發霉！
- (4). **吊衣掛勾**：把裝置勾在花盆邊緣。
缺點：開口太小，厚花盆勾不進去！

2. 第二代吊掛裝置



- (1). **噴嘴改短**：短噴嘴離植物比較遠，較不會干擾。
- (2). **可旋轉鐵環**：鐵環在 PVC 管上更好調整出水角度。
- (3). **PVC 支撐桿**：頂住花盆側邊的支撐。改用 PVC 更耐用，規格大家都一樣。
- (4). **大開口掛勾**：開口更大，適合各種盆栽。而且本身就有傾斜角度，不需要像第一代還要用木頭加高。

二、實際種植、灌溉 15 盆蔬菜盆栽



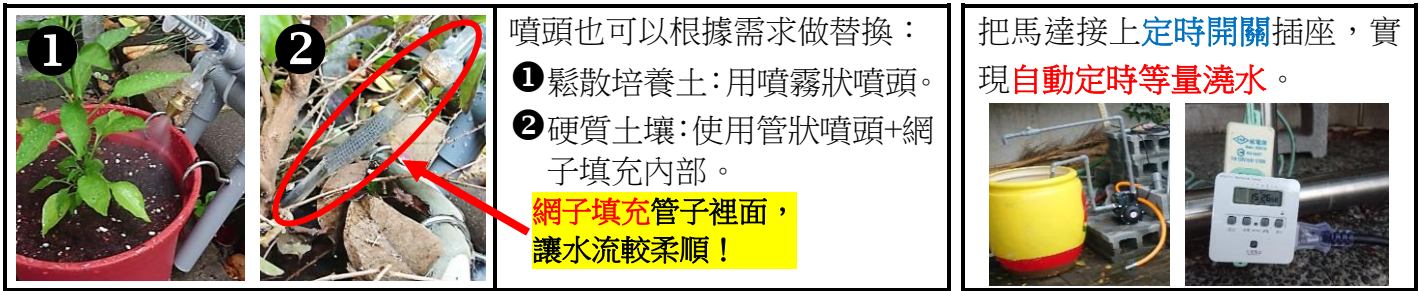
因為我們**加裝了噴頭**，所以實際裝設種菜的灌溉管線前，先在實驗室噴水測試，**調整每個噴頭的出水量盡可能接近**。



到後面菜圃實際裝設灌溉系統。把【孔洞等量出水裝置】分別掛到 15 個蔬菜盆栽，再用水管連接起來。



我們設計了 3 種灌溉難題：多孔（15 個孔洞）、管線轉彎（紅圈處）、管線升高（藍圈處），看看是否能順利灌溉。



噴頭也可以根據需求做替換：

- ① 鬆散培養土：用噴霧狀噴頭。
- ② 硬質土壤：使用管狀噴頭+網子填充內部。
網子填充管子裡面，讓水流較柔順！

把馬達接上**定時開關**插座，實現**自動定時等量澆水**。



三、測試結果

1. 灌溉的**效果非常好**，每盆的出水口**同時出水**，而且噴霧狀大小目測差異不大，也**沒有前端積水、後端水不夠的問題**！
2. 管狀出水口的水量會比噴霧狀多，這時可以**調整彈簧讓管狀出水口較緊、水流變小**，一樣可以達到**等量出水**！
3. **每天固定自動澆水 1 分鐘**，**灌溉 2 周**，植物生長得非常好，辣椒都還開花結果。自己種的菜、蔥、辣椒很好吃，味道很濃。

陸、研究結論

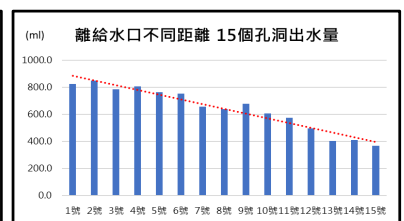
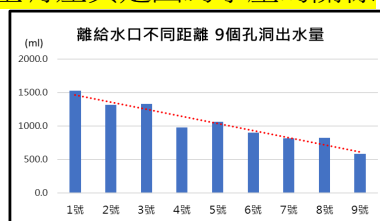
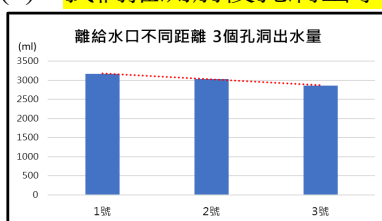
一、「微量水壓計」的設計

1. 彈簧、密閉空間氣體都是有回復力的東西，但是實驗發現，**彈簧能在固定施力下有較接近的壓縮距離變化**，所以**彈簧較適合成為測量壓力的工具**。
2. 為了證明自製的【微量水壓計】是否能正確量出符合水壓單位 kgw/cm^2 ，將測到的所需力量與彈簧壓縮距離用算式算出壓力：P.8
 - (1). 外購水壓計顯示 $1.5 \text{ kgw}/\text{cm}^2$ 時，【微量水壓計】彈簧壓縮 31.15 mm。
 - (2). 利用自製【壓縮距離測量器】測出壓縮彈簧與所需要的力量： $31.15 \text{ mm} \rightarrow 2.7322 \text{ kg}$ 。
 - (3). **壓力=力/針筒面積 = $2.7322 \text{ kgw} / 1.837 \text{ cm}^2 = 1.487 \text{ kgw}/\text{cm}^2$ (與外購水壓計相差 0.9%)**
3. 經過測量、計算證明，我們自製的【微量水壓計】與外購的水壓計測量**誤差很小**，代表可以當作**測量工具**。而且經過**5 次測試**，【微量水壓計】在水壓 $1.5 \text{ kgw}/\text{cm}^2$ 與 $1 \text{ kgw}/\text{cm}^2$ 的情形下，能壓縮相同的距離，可信度很高。



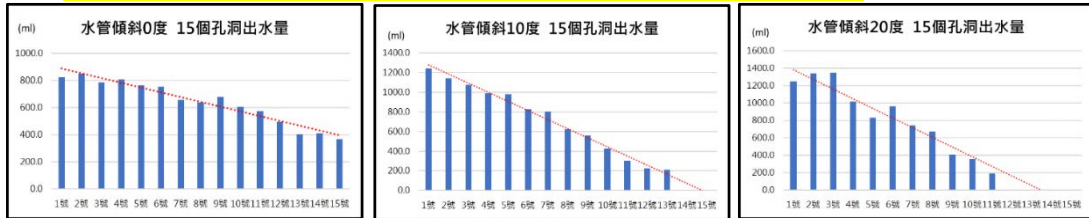
二、影響管線前後端出水量有差異的原因

1. 孔洞數量 P.10~P.11
 - (1). **孔洞越多**，前後孔洞出水量差距越大，**紅色趨勢線越傾斜**。
 - (2). 孔洞越多，前後端水壓會有差距。**越靠近給水口的地方水壓越大，越遠越小**。
 - (3). **我們推測前後孔洞出水量有差異是因為水壓的關係**。



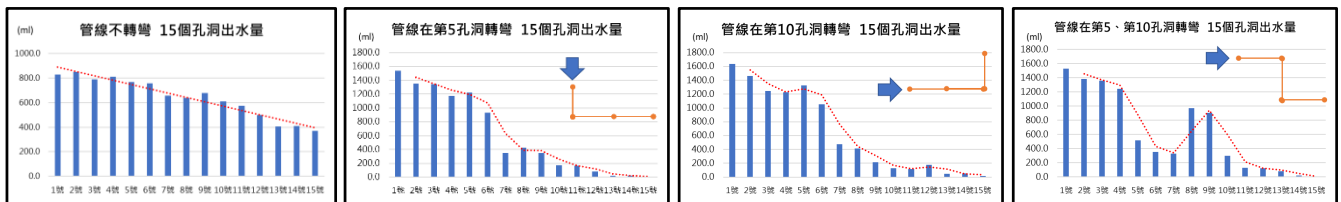
2. 管線傾斜 P.12~P.15

- (1). 傾斜角度越大，末端孔洞的出水量有減少，甚至會減少到不出水。
- (2). 因為管線傾斜、重力的關係，讓尾端孔洞減少流出的水，造成前端孔洞流量增加。前三個洞的出水量最多平均增加了 59.9%（傾斜 20 度和不傾斜比較）。
- (3). 水壓部分前端較大、後端較小。但是三種傾斜角度互相比較，並沒有明顯的差異。
- (4). 我們推測前後孔洞出水量有差異是因為水壓、重力的關係。



3. 管線轉彎 P.15~P.18

- (1). 從孔洞出水量曲線可以發現，管線轉彎會造成末端的孔洞出水量減少。(9 個孔洞、管線轉彎會造成孔洞出水量產生變化，但不一定末端出水量最少) P.18
- (2). 管線轉彎一次，出水量曲線會有一次大幅下降；而管線轉彎兩次，出水量曲線會：大幅下降→升高→再下降。
- (3). 因為管線轉彎，讓尾端孔洞減少流出的水，都從前端孔洞流出。前三個洞的總出水量增加了 73.9%。



4. 水壓變化情形

kgw/cm ²	3 孔	9 孔	3 孔 傾斜 10°	3 孔 傾斜 20°	9 孔 傾斜 10°	9 孔 傾斜 20°	3 孔 轉 1 彎	3 孔 轉 2 彎	9 孔 轉 1 彎	9 孔 轉 2 彎
前端	0.3	0.22	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2
中端	0.3	0.13	0.28	0.27	0.12	0.1	0.22	0.17	0.05	0.05
後端	0.23	0	0.18	0.2	0	0	0.15	0.12	0	0.02

最低

從以上實驗可以很明顯的發現：前端水壓大出水量就多；後端水壓小出水量少。

解決方法：在孔洞外設計一個裝置，管線累積一定的水壓後，才同時把孔洞外的裝置推開，讓所有孔洞同時出水。

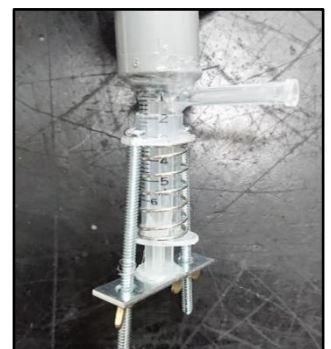
三、「孔洞等量出水裝置」的設計 P.19~P.22

利用彈簧有回復力的特性，裝在針筒上，形成以下的變化：水壓把針筒推開 → 彈簧壓縮 → 關水水壓降低 → 彈簧回復力把針筒推回原狀。

彈簧比較鬆，要把針筒推開比較容易

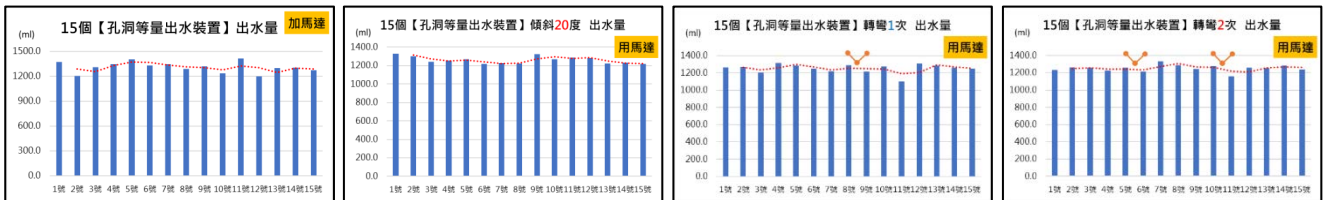


彈簧比較緊，要把針筒推開較不容易



「第二代孔洞等量出水裝置」

【使用孔洞等量出水裝置：出水量、水壓測試】 P.23~P.26

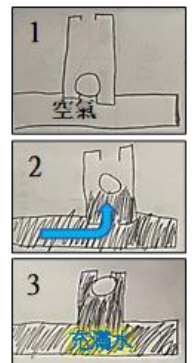


kgw/cm ²	3孔	9孔	15孔	3孔 傾斜 10°	3孔 傾斜 20°	9孔 傾斜 10°	9孔 傾斜 20°	15孔 傾斜 10°	15孔 傾斜 20°	3孔 轉 1彎	3孔 轉 2彎	9孔 轉 1彎	9孔 轉 2彎	15孔 轉 1彎	15孔 轉 2彎
前端	0.9	1	1	0.9	0.92	1.03	1.03	0.97	0.97	0.93	0.93	1.03	1.02	0.95	1
中端	0.92	1.03	0.95	0.92	0.92	1.02	1.03	0.95	0.98	0.93	0.9	1.02	1.03	0.97	0.97
後端	0.9	1	0.97	0.9	0.9	1.02	1.02	0.93	0.93	0.9	0.9	1.02	1.02	0.93	0.92

1. 要讓「第二代孔洞等量出水裝置」順利運作達到等量的效果：
6個出水口以內，水壓至少要 1.5 kgw/cm²；9~15 個出水口水壓至少需要 3 kgw/cm²。
2. 使用了「孔洞等量出水裝置」的管線，前後水壓穩定，在各種管線情形下，**同一根管線前中後的水壓都能維持在 1 kgw/cm² 附近**（差距在 1%~8%內）。
3. 使用了「孔洞等量出水裝置」的管線，從上方數據圖可以發現，可以讓**前後端孔洞出水量差異變小，進步非常多**。出水量前後端差異變化如下：**①孔洞過多 61.5%→15.3%；②管線向上傾斜 85.9%→15.7%；③管線轉彎 98.9%→16.3%。**
4. 停止供水後，「第二代孔洞等量出水裝置」會因為失去水壓馬上關閉出水口；但是普通穿孔管的部分出水口還會繼續滴水，導致出水不均勻。

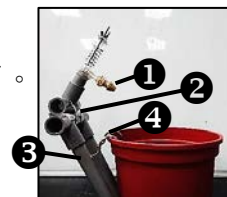
四、「管線自動排氣裝置」的設計 P.22~P.23

1. 利用空氣密度小、往上跑。
2. 開水後，水往上衝把空氣擠出去，球跟著往上跑。
最後整個針筒充滿水，球頂住開口水出不去。



五、「盆栽吊掛裝置」的設計 P.27

1. 加裝噴嘴：針筒蓋出水會把土壤噴的到處都是，噴嘴可調出水強弱。
2. 可旋轉鐵環：鐵環在 PVC 管上更好調整出水角度。
3. PVC 支撐桿：頂住花盆側邊的支撐。用 PVC 更耐用。
4. 大開口掛勾：開口更大，適合各種盆栽。



六、已測試、未來需改進事項

1. 實驗證明，把「孔洞等量出水裝置」上面的**壓縮彈簧換成線徑較細的**，可以減少推開活塞時需要的壓力，讓**一般家庭水壓可以推開更多「孔洞等量出水裝置」**。P.21
2. 我們用定時開關實現了**定時等量灌溉**，但是下雨天還是會固定噴水。如果能結合我們學校另一件作品【偵測土壤濕度決定是否啟動馬達灌溉】，會**更智慧方便、更省水**。

柒、參考資料

- 一、認識壓力種類：<http://www.pipeclean.tw/qa/40>
- 二、入門認識彈簧種類：<https://www.youtube.com/watch?v=nAUGIbSgcMY>
- 三、何逸駿、吳孟洋。推廣省水管路灌溉之成效。農政與農情，133期。
- 四、推廣管路灌溉設施：<https://dryfarm.aerc.org.tw/DryPublic/>
- 五、科學家提出精準灌溉之改善建議：<https://is.gd/zmyTy2>
- 六、灌溉型式-行政院農業委員會
https://www.iachu.nat.gov.tw/iachu/view.php?theme=web_structure&id=378

【評語】 082919

研究過程和實驗設計邏輯清楚，從微量水壓計的設計，制定標準化流程，並確認水管中的各項變因產生的影響，繼而利用彈簧設計孔洞等量出水裝置，還能解決管道間空氣干擾的問題，實際利用植物進行可行性試驗。本作品探討的主題先前雖已有不少相關的科展得獎作品，但作者有充分收集之前資料，並清楚分析其作品的特色，也能提出現有澆灌設計的優缺點，找出須進一步探討改良的問題。

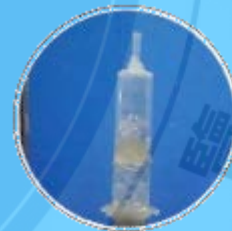
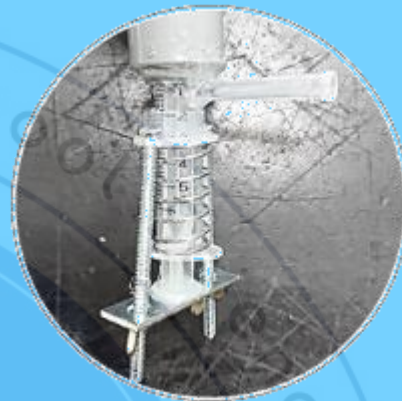
作品簡報

科 別：生活與應用科學科(二)環保與民生

組 別：國小組

作品名稱：

「均濕」的妙計- 等壓出水等量灌溉裝置



研究動機

拉一條水管戳很多洞灌溉盆栽，結果：
靠近水龍頭的洞口出水量大，
後面的洞口出水量很小。



水很大



圖 1

第一個出水孔
水用噴的
淹水

水很小



圖 2

最後的出水孔
水慢慢流
水不夠

研究目的

1. 想辦法讓管線前後出水量相同。
2. 管線能**累積水壓**，讓出水孔**同時打開**、**同時出水**。
3. 出水孔洞可調整鬆緊、控制出水量。
4. 材料簡單、不易損壞，**方便民眾在家裝設使用**。

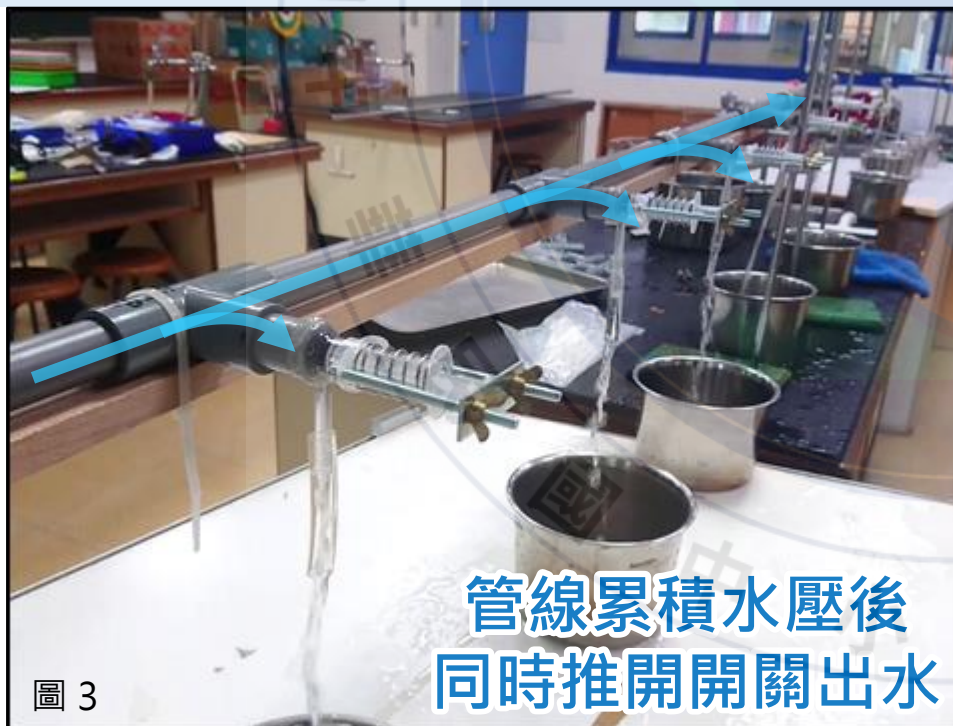
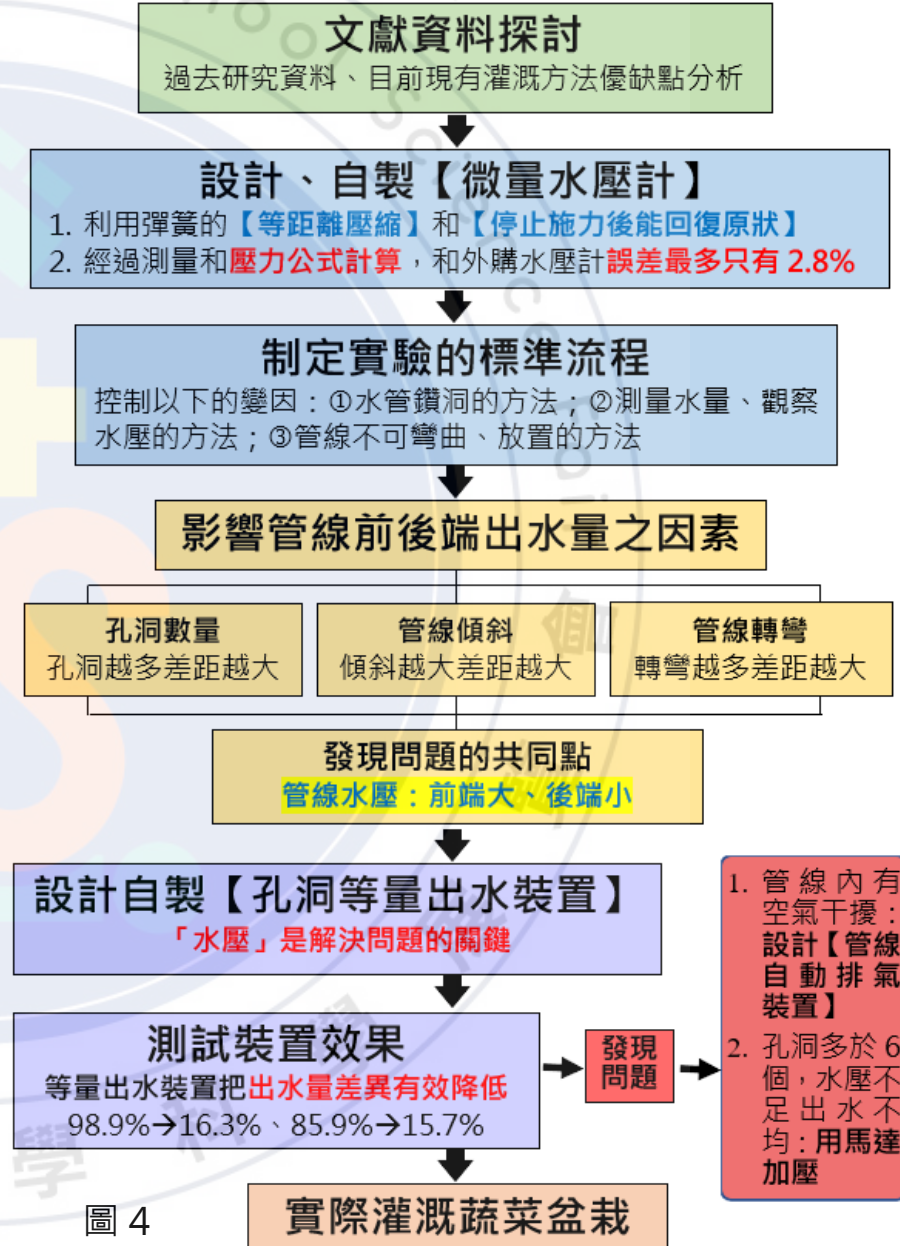


圖 3

等壓出水等量灌溉裝置

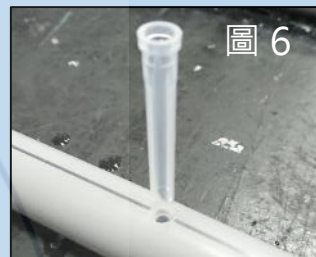


研究方法

1 【穿孔管】出水量實驗

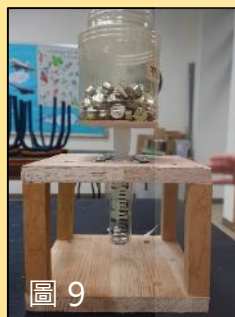
測量三種情形：孔洞數量、管線傾斜、轉彎

- 固定式的鑽孔機，孔洞大小相同
- 孔洞插針筒蓋導引水流
- 水平儀確認水管角度
- 出水口離開水面，避免實驗中吸水

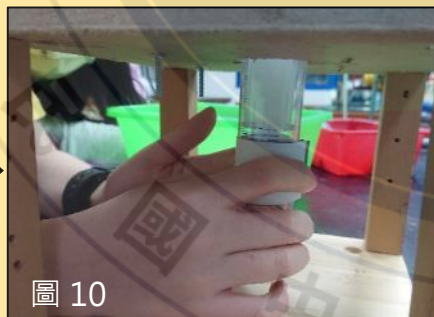


2 壓縮距離測量器

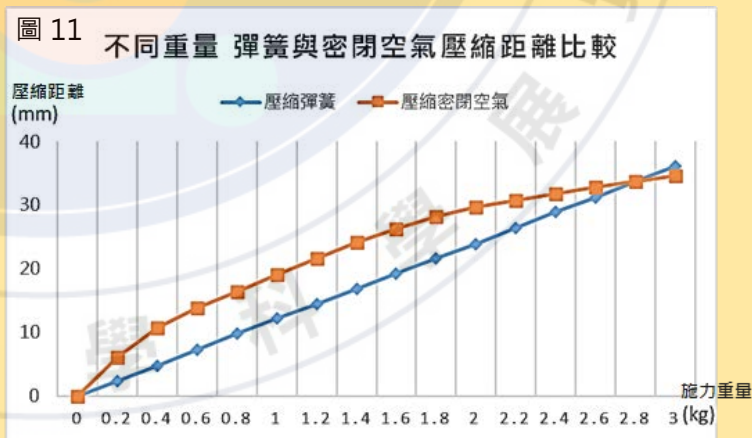
- ★ 測量彈簧、密閉空氣是否等量壓縮
- ★ 檢測【自製微量水壓計】的準確性



每次加入
等量重量



紀錄彈簧、密閉空氣
每次的壓縮距離



彈簧
穩定壓縮
固定距離

3 自製【微量水壓計】 用公式證明準確度



圖 12

外購水壓計顯示 **1.5 kgw/cm²**

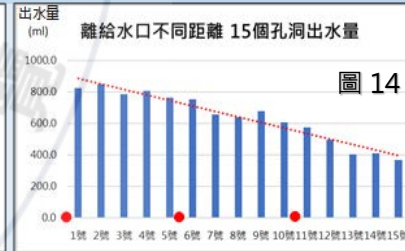
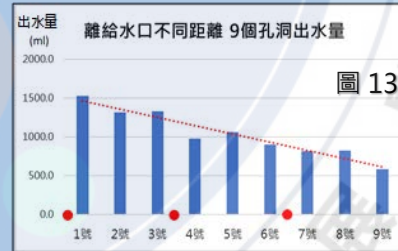
【微量水壓計】彈簧壓縮 **31.15 mm**

彈簧壓縮距離	所需力量	針筒面積
31.15 mm	2.7322 kgw	1.837 cm²

表 1

差距很小

相同水壓測試5次 都能壓縮到相同 刻度，可信度高！



計算【微量水壓計】的壓力

$$= 2.7322 \text{ kgw} / 1.837 \text{ cm}^2$$

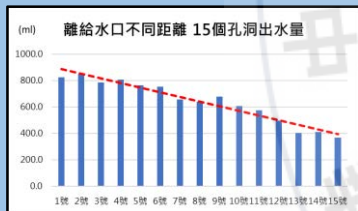
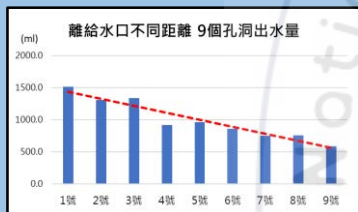
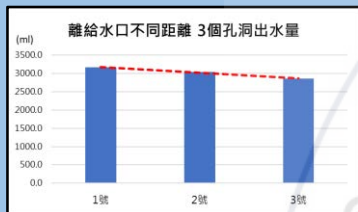
$$= \mathbf{1.487 \text{ kgw/cm}^2}$$

- ★【微量水壓計】的放置位置：
1. 把3支【微量水壓計】平均放在管線的前、中、後，測量水壓。
 2. 圖中的紅點代表放的位置。

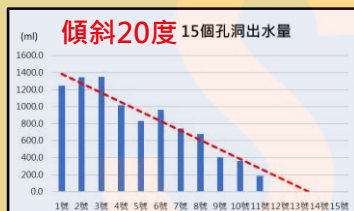
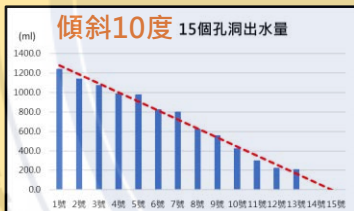
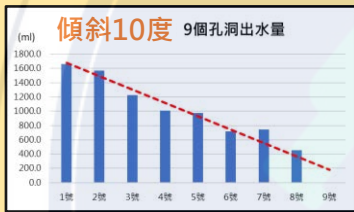
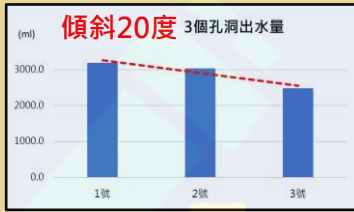
研究結果 ①

普通穿孔管出水量實驗：

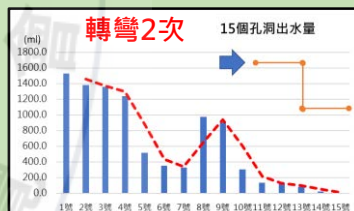
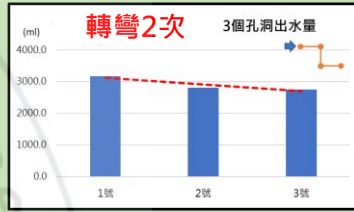
不同孔洞數量 最大差距61.5% 圖 15



不同傾斜角度 最大差距85.9% 圖 16



不同轉彎情形 最大差距98.9% 圖 17



普通穿孔管出水量實驗【水壓變化情形】

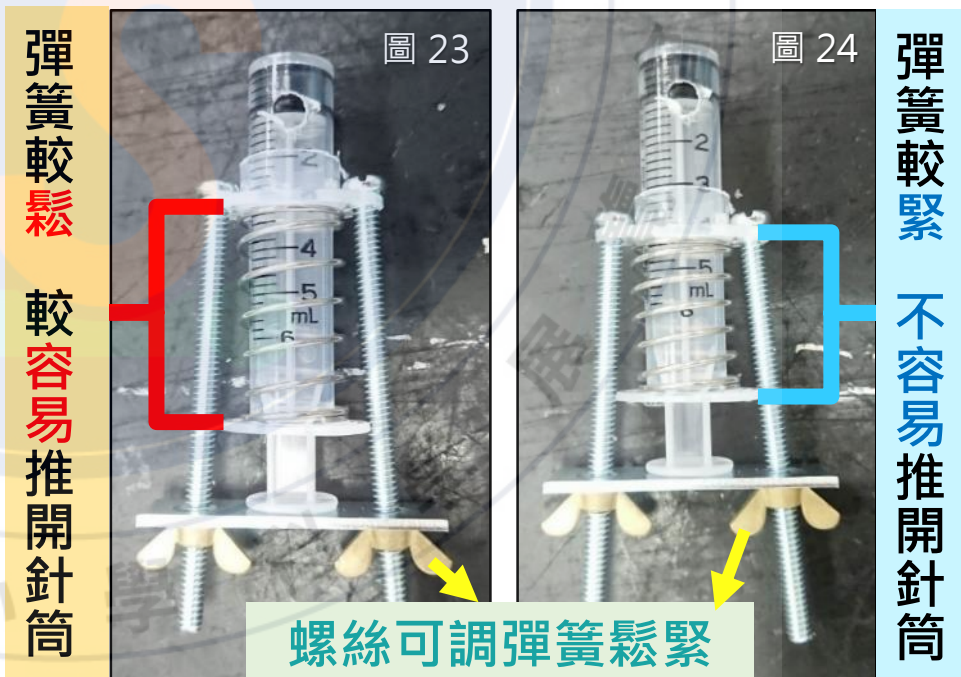
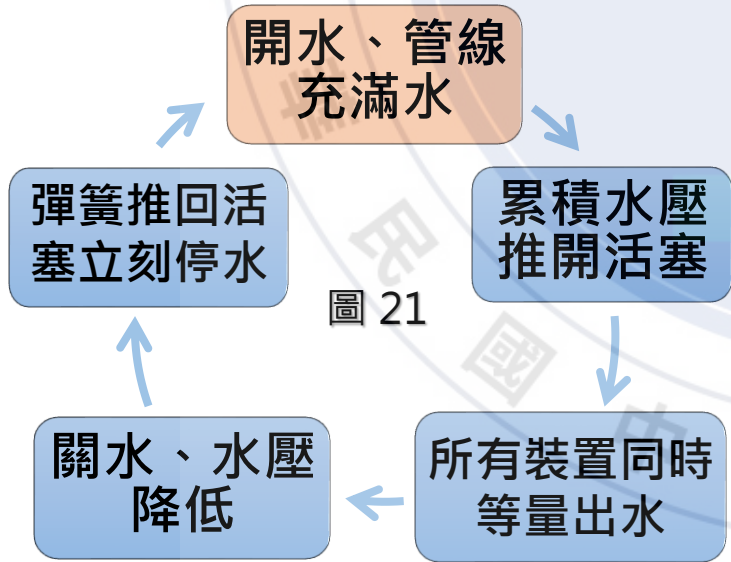
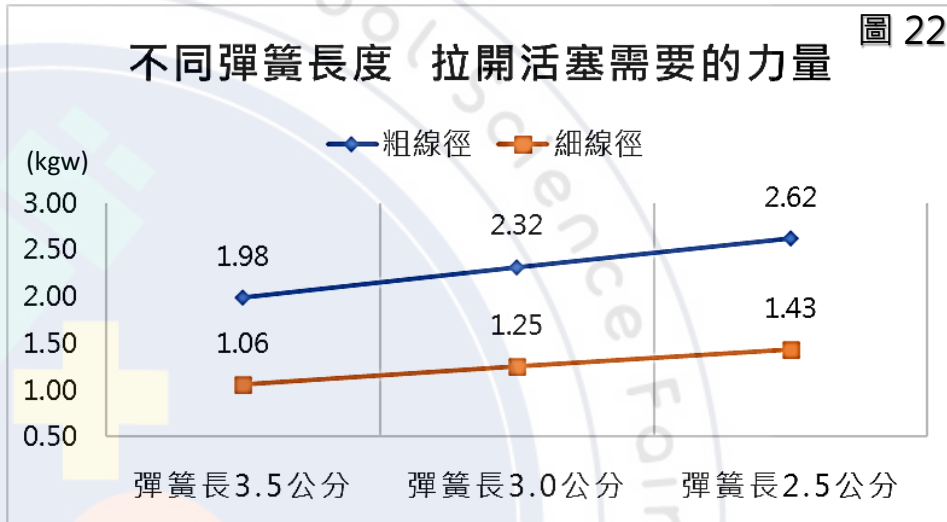


前端的水壓較大，
出水量都比較多！

水壓是關鍵

研究結果 ②

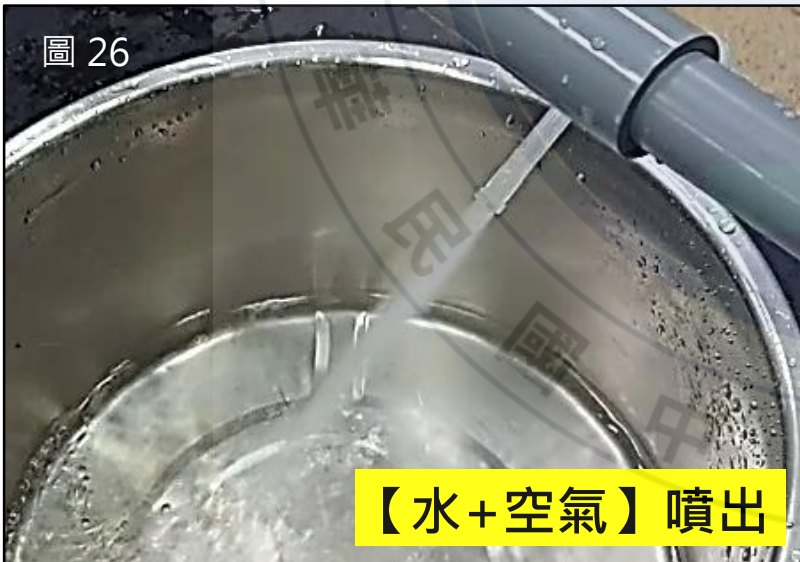
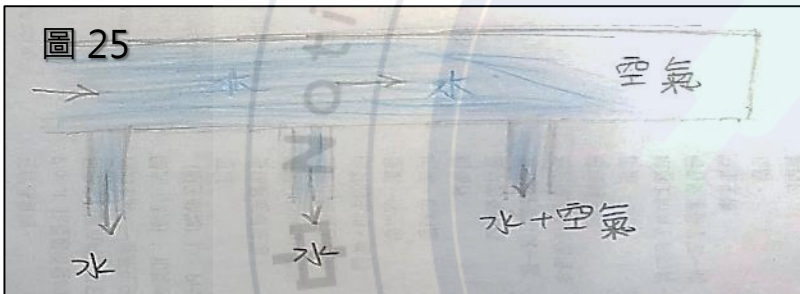
設計【可調式孔洞等量出水裝置】



研究結果 ③

設計【自動排氣裝置】

1. 一開始管線中充滿空氣。
2. 開水時，水會把空氣推擠到後方，管線內持續累積壓力。
3. 水和空氣會在後方孔洞混合噴出，造成出水量不均。



- A. 水往上衝把空氣擠出去，球跟著往上跑。
- B. 針筒充滿水，浮球頂住開口水出不去。

研究結果 4

加裝馬達改造實驗管線

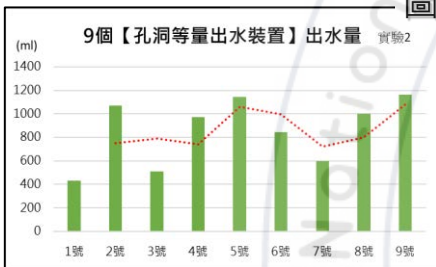
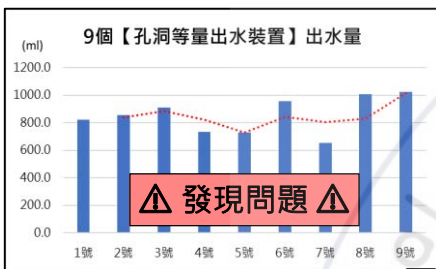


圖 31

1. 管線接上 9 個【等量出水裝置】時，**不管怎麼調整，都無法使 9 個出水口等量出水。**
2. 鎖緊 3 號減少出水，下次變成 5 號出水太多；鎖緊 5 號減少出水，下次實驗變成 7 號太多。
3. 我們認為因為水壓不足夠同時推開 9 個【等量出水裝置】。
4. 決定加裝馬達、增加水壓進行實驗



圖 32

水的行進方式

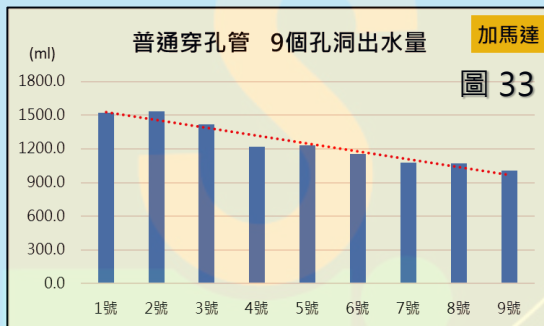
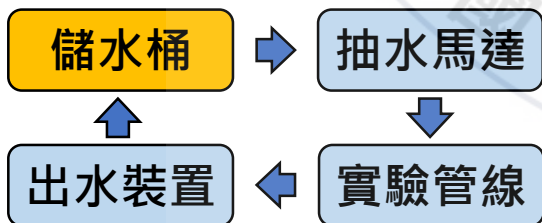


圖 33

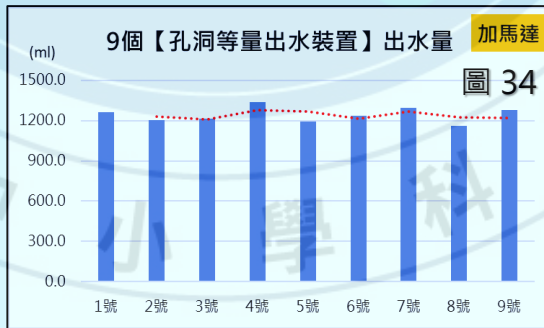


圖 34

只要有【馬達加壓】，就不需要【等量出水裝置】？

1. 穿孔管+加壓馬達
出水量不平均，
前後最多相差52%。
2. 等量出水裝置+加壓馬達
出水量較平均，
最多與最少只相差 13%。

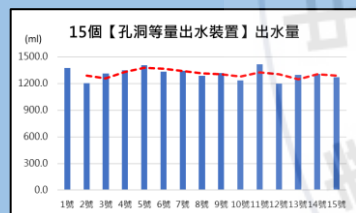
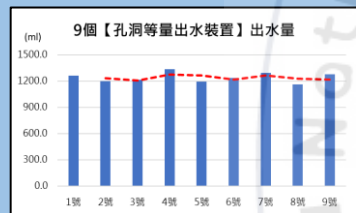
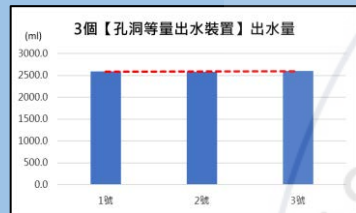
**【馬達+等量出水裝置】
才能有最平均的出水！**

研究結果 5

【等量出水裝置】出水量實驗

不同孔洞數量
最大水量差距
61.5% → 15.3%

圖 35



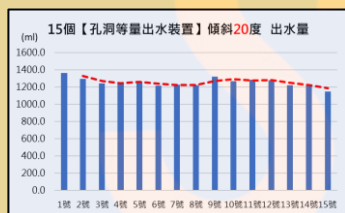
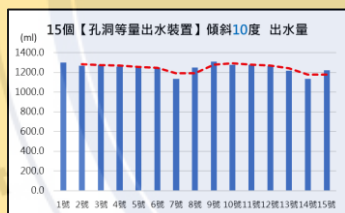
不同傾斜角度
最大水量差距
85.9% → 15.7%

圖 36

傾斜10度

85.9% → 15.7%

傾斜20度



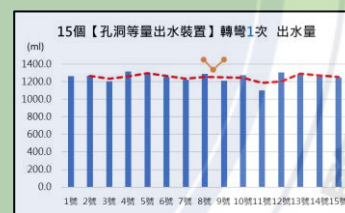
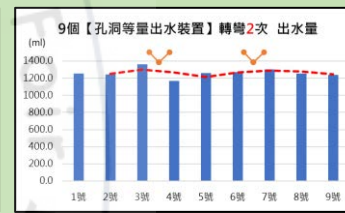
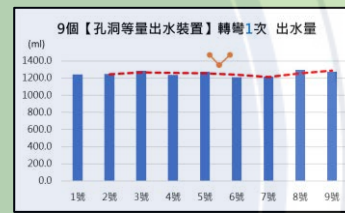
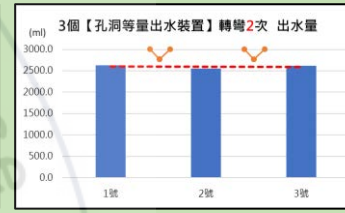
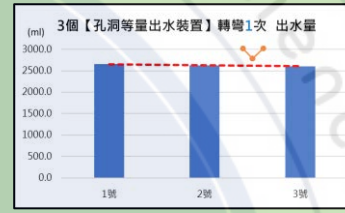
不同轉彎情形
最大水量差距
98.9% → 16.3%

圖 37

轉彎1次

98.9% → 16.3%

轉彎2次



【第二代孔洞等量出水裝置】出水量實驗【水壓變化情形】

(水壓)

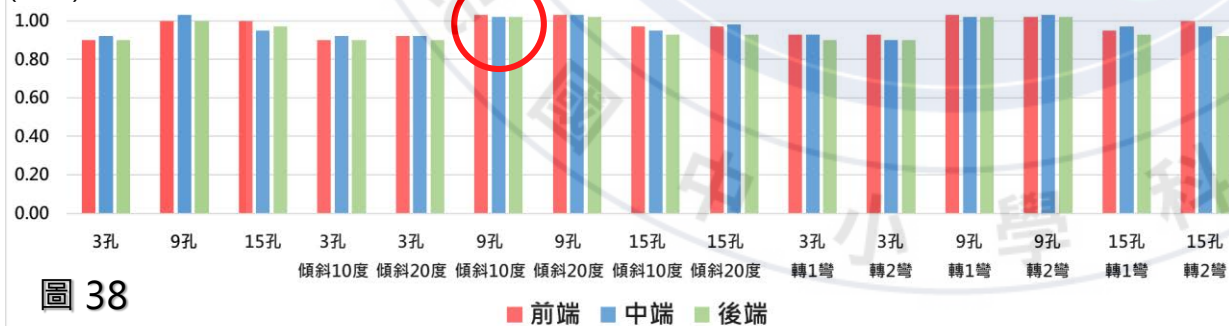


圖 38

■ 前端 ■ 中端 ■ 後端

前中後水壓幾乎相同，
出水量差距小！

水壓都能維持在
0.9~1 kg/cm²

總結

1 方便架在花盆上的設計



圖 39



1. 加裝噴嘴：減弱水柱
2. 可旋轉鐵環：調整角度
3. 大開口掛勾：方便裝設
4. PVC支撐桿：防水耐用



圖 40

2 實際灌溉-出水均勻，植物順利生長

1. 先進行裝置調整水量，水量差距最多15%以內
2. 設計3個關卡：
①管線轉彎 ②管線傾斜 ③多孔洞
結果裝置能順利運作。
3. 進行灌溉2周，結果植物長得很好，我們還採收蔥和辣椒來吃。



調整出水量

圖 41



管線升高

圖 42



多孔洞

圖 43



管線轉彎

圖 44

總結

3 同一條管線可灌溉不同特性植物

4 用定時開關自動澆水



圖 45



水柱式噴頭

噴霧式噴頭



水量多



水量少

圖 46

噴頭可替換

- 鬆散土 → 噴霧式
- 硬質土 → 水柱式

可調式螺絲控制出水量

- 小盆栽 → 出水量少
- 大盆栽 → 出水量多



馬達抽水灌溉



圖 48

定時通電、斷電

利用定時開關，每天自動打開抽水馬達相同時間，灌溉相同水量。民眾使用可省水，而且更加便利！

普通穿孔管
前後出水不均



等量出水裝置
均溼效果好



參考資料

1. 認識壓力種類：<http://www.pipeclean.tw/qa/40>
2. 入門認識彈簧種類
<https://www.youtube.com/watch?v=nAUGIbSgcMY>
3. 何逸諭、吳孟洋 (2003)。推廣省水管路灌溉之成效。農政與農情，133期。
4. 推廣管路灌溉設施 <https://dryfarm.aerc.org.tw/DryPublic/>
5. 科學家提出精準灌溉之改善建議 <https://is.gd/zmyTy2>
6. 灌溉型式-行政院農業委員會
https://www.iachu.nat.gov.tw/iachu/view.php?theme=web_structure&id=378