

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學科(二)

第三名

082923

綠手指的好幫手—水龍捲噴瓶效能之研究

學校名稱：桃園市平鎮區義興國民小學

作者： 小六 彭心瑜 小六 劉品榆	指導老師： 林靜涓 吳思瑤
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：噴瓶、噴灑效能、白努力定律、離心力

綠手指的好幫手—水龍捲噴瓶效能之研究

摘要

我們在照顧陽台的盆栽植物時，發現加壓噴瓶無法完全噴灑到盆栽的每一個角落，因此研發了「水龍捲噴瓶」，並希望將本產品應用在大樓陽台以外的花園、菜園或草坪。本研究中我們主要探討影響水龍捲噴瓶的噴灑範圍面積的因素，以及如何讓它的噴灑範圍最廣，最有效率。我們比較了一般市售的加壓噴瓶與我們改良的水龍捲噴瓶，發現水龍捲噴瓶的噴灑面積較大、可較快速的將瓶內的水噴完，且讓植物得到足夠的水份。除此之外，它也是一個不需插電、不需接水管的節能省水裝置。根據實驗後的結果，我們有了以下發現：放置噴瓶的位置愈高、噴瓶加壓次數越多產生瓶內的壓力愈大、水管長度愈短，水龍捲噴瓶的噴灑面積就愈大。

壹、前言

一、研究動機

自然課時，我們在校園裡開闢了一個小菜園，在照顧的過程中，我們遇到的一個問題是，菜園離水龍頭有很長的一段距離，即使很辛苦的提了一桶水到那裡，也很難將水均勻的灑在菜苗上，因此，我們想到可以利用同學研發的水龍捲噴瓶來解決這個問題，不需要接水管或水龍頭，只要事先加好水並加壓就可以噴灑。我們在澆灌菜園的過程中，好奇的問：「我們的噴瓶到底能噴到多大的範圍？要怎麼讓它的噴灑範圍最大，能最有效率的幫菜園澆水呢？」，決定進行此研究。

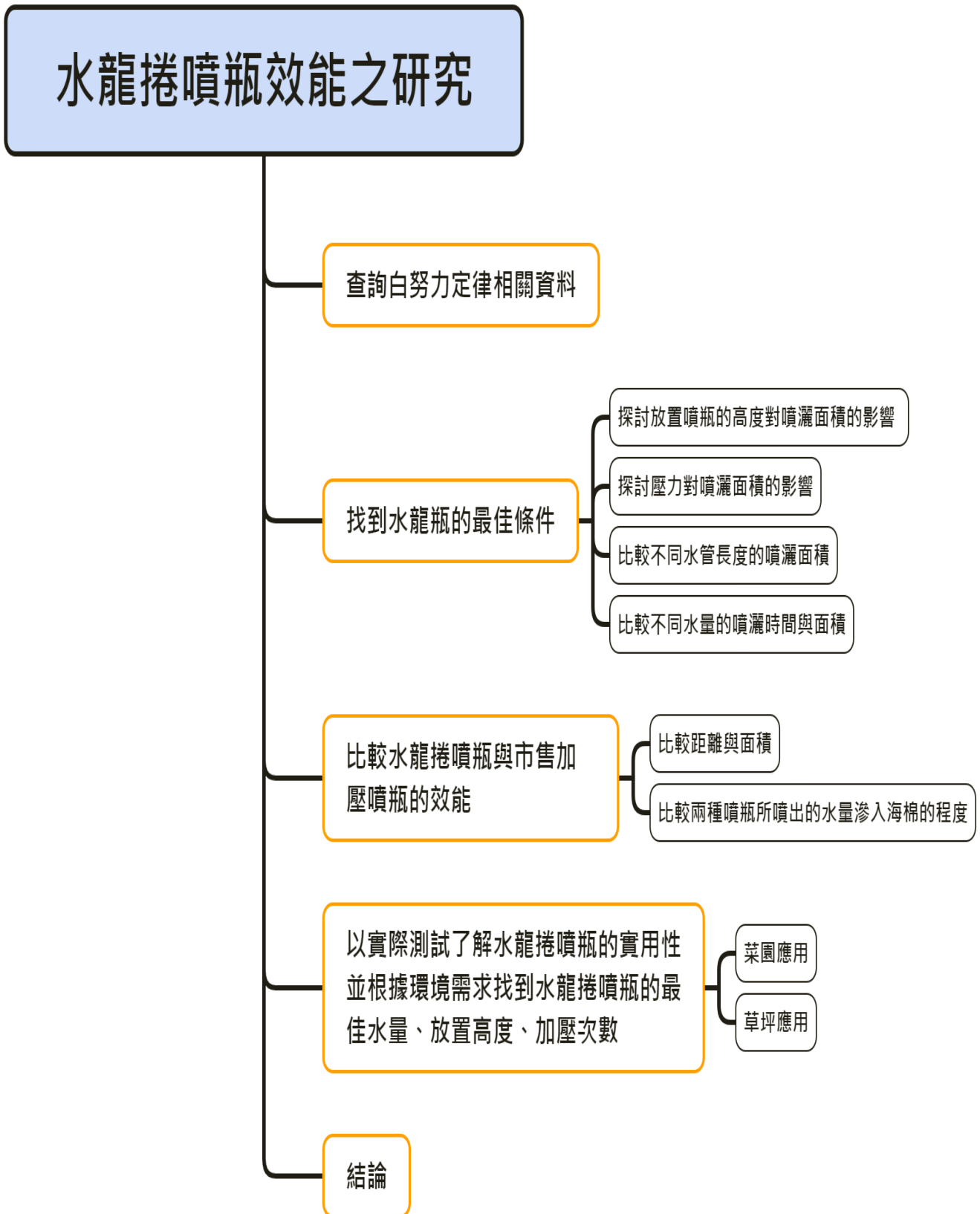
二、研究目的

- (一) 探討放置噴瓶的高度對噴灑面積的影響
- (二) 探討壓力對噴灑面積的影響
- (三) 比較不同水管長度的噴灑面積
- (四) 比較不同水量的噴灑時間與面積
- (五) 比較水龍捲噴瓶與市售加壓噴瓶的效能
- (六) 實際測試了解水龍捲噴瓶的實用性且根據環境需求找到水龍捲噴瓶的最佳水量、放置高度、加壓次數並在草坪測試中了解水龍捲噴瓶使用在大範圍面積的效能

貳、研究設備及器材

實驗設備	市售加壓噴瓶 	球針壓力計 	蝶形灑水頭 
	學生桌椅 	碼表 	捲尺 
	水管束 		
實驗材料	牛皮紙 	一般水管 	插花海綿 

一、研究架構



二、了解噴瓶運作原理

(一)白努力定律

當液體流速越快時，壓力便會減少；當液體流速越慢時，壓力便會增加。這是在說明當流體流經物體時，會沿著表面流動的現象。大部分的噴瓶都是以白努力定律運作的，打氣加壓時所產生的壓力會使空氣帶動水一起噴出。在我們所有的實驗中，都有涉及到白努力定律，因為在加壓完畢後壓下閥，空氣就會帶動水噴處在以離心力的原理噴灑到更遠處。

(二)牛頓第一運動定律

我們在噴瓶上加裝的蝶形灑水頭則是運用作用力與反作用力、離心力以及慣性定律等物理原理。作用力與反作用力是指將力施於一物體上時，會有一股相等且相反方向的反作用力。當水從出口噴出，溜下蝶形灑水頭上的滑梯狀鐵片時，此原理使其旋轉。慣性定律的定義是當物體處於運動狀態，它會維持在此狀態直到有另一股力使其停止，因此當小水滴被離心力甩出後，會持續在空氣中飛行直到碰到土壤或牛皮紙才停止。離心力是慣性定律的一種，是當物體旋轉時，使物體遠離它旋轉中心的一個假想力，離心效應也是一種慣性。蝶形灑水頭旋轉也會產生離心力，將流出來的水滴甩出去，水滴才能飛行的更遠。

(三)摩擦力

摩擦力是兩者以上物體經互相接觸後產生的現象，它會干擾運作者持續動作。在水管長度的實驗中，水珠在接觸管壁時產生的摩擦力，會干擾噴灑效能，水管長度越長，水珠接觸管壁的時間就越久，噴灑的效能會被越大的摩擦力干擾，導致噴灑效率下降。

(四)離心力

離心力是一種能使物體遠離旋轉中心的力量。當物體在旋轉或曲線運動時，由於慣性的作用，物體會產生離心力，試圖將其推離旋轉中心。在本次的所有實驗中，都涉及到了離心力。裝水加壓完畢後，壓下閥，蝶形灑水頭會快速旋轉，利用離心力的原理讓水珠灑到遠處。根據牛頓第二運動定律，離心力等於物體質量乘以速度的平方，再除以距離。水龍捲噴瓶之所以能夠比市售加壓噴瓶的噴灑效率佳，就是因為加裝了蝶形灑水頭，也就是使用了離心力原理。

三、實驗說明與步驟

(一)製作水龍捲噴瓶

1. 將市售加壓噴瓶的銅製噴頭取下。
2. 裁出 15 公分的水管。
3. 將蝶型灑水頭固定在水管一端，並將其用水管束鎖緊。

4. 把此裝置固定在噴瓶前端，同樣以水管束將其拴緊。



圖(一)組裝前的市售加壓噴瓶



圖(二)組裝後的水龍捲噴瓶

水龍捲噴瓶內部構造圖



圖(三)水龍捲噴瓶內部構造圖



圖(四)組裝好的水龍捲噴瓶外部構造圖

(二) 實驗一：探討放置噴瓶的高度對噴灑面積的影響

- 1 將兩張牛皮紙鋪於實驗空間的地板上。
- 2 噴瓶內裝入 1 公升的水，打氣加壓 25 下。
- 3 將噴瓶放置於實驗高度：地面上、椅子上、桌子上、桌子加椅子上。
- 4 按下按壓桿，持續此動作 5 秒 (讓水柱噴灑 5 秒)。
- 5 用捲尺測量出水口垂直於地面之定點，到噴灑之最遠定點之距離。
- 6 因為我們發現水龍捲噴瓶的噴灑範圍接近半圓形，因此利用距離數值計算半圓型噴灑面積，距離就是圓的半徑，噴灑面積=半徑 \times 半徑 $\times 3.14 \div 2$ 。我們以半圓型面積公式計算噴灑面積，是因為我們發現它的噴灑範圍類似半圓形。



圖(五)水龍捲噴瓶的噴灑範圍



圖(六)進行椅子高度實驗



圖(七)進行桌子高度實驗

(三) 實驗二：探討壓力對噴灑面積的影響

1. 將兩張牛皮紙鋪於實驗空間的地板上。(加壓次數 35 下的實驗可能會需要鋪三張)
2. 將水龍捲噴瓶裡裝入 1 公升的水並打氣加壓實驗的次數(15 下、25 下和 35 下)。
3. 水龍捲噴瓶放置於桌子上。
4. 按下按壓桿，使水噴出並持續按壓 5 秒再放開。
5. 用捲尺測量從噴瓶出水口到地面的垂直落點到水滴的最遠滴落處的距離。
6. 計算面積。
7. 紀錄實驗結果。

(四) 實驗三：比較不同水管長度的噴灑面積

1. 裁剪 10 公分、15 公分、20 公分的水管。
2. 將兩張牛皮紙鋪於實驗空間的地板上。
3. 將水龍捲噴瓶裡裝入 1 公升的水並打氣加壓 25 下。
4. 水龍捲噴瓶放置於桌子上。
5. 按下按壓桿，使水噴出並持續按壓 5 秒再放開。
6. 用捲尺測量從噴瓶出水口到地面的垂直落點到水滴的最遠滴落處的距離。
7. 計算面積。
8. 紀錄實驗結果。

(五) 實驗四：比較不同水量的噴灑時間與面積

時間實驗：

1. 將兩張牛皮紙鋪於實驗空間的地板上。
2. 將水龍捲噴瓶裝入 0.5 公升、1 公升或 1.5 公升的水，並加壓 25 次，接著將其放置於桌子上。
3. 按下按壓桿並以碼表計時，持續按壓直到噴灑完畢，結束計時。
4. 紀錄實驗結果。

距離實驗：

1. 將兩張牛皮紙鋪於實驗空間的地板上。
2. 將水龍捲噴瓶裡裝入 1 公升、1.2 公升或 1.4 公升的水並打氣加壓 25 下，放置於桌子上。
3. 按下按壓桿，使水噴出並持續按壓 5 秒再放開。
4. 用捲尺測量噴灑之最遠距離(噴灑半徑)。
5. 計算面積。
6. 紀錄實驗結果。

(六) 實驗五：比較市面上噴瓶和水龍捲噴瓶的效能

實驗 5-1 比較兩種噴瓶的噴灑距離、面積

1. 將兩張牛皮紙鋪於實驗空間的地板上。
2. 將水龍捲噴瓶與市售加壓噴瓶分別放置於桌面上。操作變因為有無加裝碟型灑水頭。
3. 將兩種噴瓶裡分別裝入 1 公升的水並打氣加壓 25 下，放置於桌子上。
4. 分別測量噴灑距離並計算面積。
5. 紀錄實驗結果。

實驗 5-2 比較兩種噴瓶噴灑 1 公升水量所需時間

1. 將兩張牛皮紙鋪於實驗空間的地板上。
2. 將水龍捲噴瓶與市售加壓噴瓶分別放置於桌面上。有無改裝裝為操作變因。
3. 將兩種噴瓶裡分別裝入 1 公升的水並打氣加壓 25 下，放置於桌子上。
4. 分別測量噴灑完 1 公升所需時間。
5. 紀錄實驗結果。

實驗 5-3 比較兩種噴瓶噴灑的水滲入海棉的深度

1. 在椅子前 34 公分的定點處放置三塊插花海綿，每塊海綿尺寸 13cmx13cmx10cm。（經牛皮紙測試後，得知放置位置最佳為離噴瓶 34 公分，原因為水柱噴灑較均勻。）
2. 將水龍捲噴瓶與市售加壓噴瓶分別放至於椅子上，加壓次數 55 下，水量為 1 公升。
3. 以水龍捲噴瓶的噴灑時間作為基準，兩種噴瓶都進行噴灑 22 秒後停止，觀察中間海綿背對噴瓶的面。
4. 在海棉邊緣的四個點(0cm、3cm、6cm、9cm)量測滲水深度。
5. 紀錄實驗結果。



圖(八)進行海綿實驗

(八) 實驗六：實際測試了解水龍捲噴瓶的實用性且根據環境需求找到水龍捲噴瓶的最佳水量、放置高度、加壓次數並在草坪測試中了解水龍捲噴瓶使用在大範圍面積的效能
實驗 6-1

我們在學校的小菜園進行此實驗，菜園面積為 $420 \times 136(\text{cm}^2)$ 。

1. 以不同水量和不同加壓次數反覆測試，且按照前面實驗結果預測，找到最佳的水量及加壓次數。
2. 紀錄實驗結果。



圖(九)學校的菜園

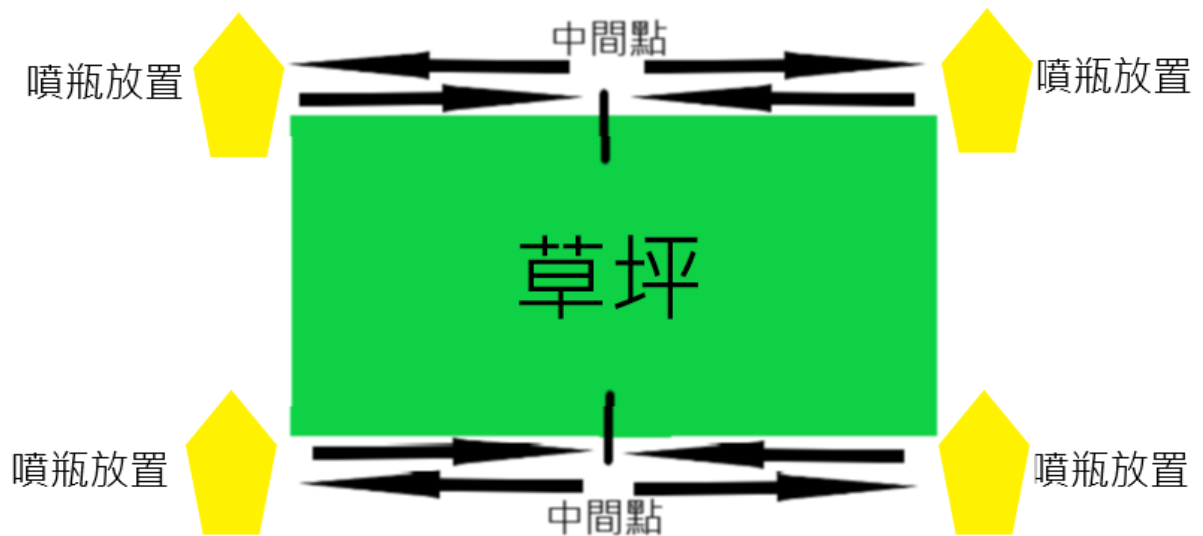


圖(十)菜苗

實驗 6-2

我們在學校發現一塊草坪，這是工友叔叔平常使用水管噴灑不到的地方，所以我們想用水龍捲噴瓶澆水，測試在大範圍面積的使用情形。在長寬各為 9 公尺 3.7 公尺的草坪使用 4 個噴瓶，每個噴瓶內都裝入 1.5 公升的水量，加壓 55 下。

1. 請四位同學站在草坪的四個角落。
2. 裝水並加壓完畢後，採用移動式澆灌，在自己的定點和草坪長邊中點間來回走動。
3. 持續此動作直到噴瓶停止噴灑。
4. 觀察土壤潮濕程度。



圖(十一)草坪移動路線示意圖

肆、研究結果與討論

一、實驗一：探討放置噴瓶高度對噴灑面積的影響

打氣加壓次數(25 下)及水量(1L)為控制變因，操作變因為放置噴瓶的高度，對噴灑範圍是否有影響。有四種不同的高度，分別是在地面上、椅子上、桌子上、以及將椅子疊在桌子上的高度。

(一) 實驗紀錄

表格 1-1 地面上（噴頭離地 14 公分）

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
距離(cm)	72.0	101.5	74.2	101.5	94.3	108.0	126.0	91.0	93.3	106.0	96.8
面積 (cm ²)	8138.9	16174.5	8643.9	16174.5	13961.2	18312.5	24925.3	13001.2	13666.7	17640.5	15063.9

表格 1-2 椅子上 (離地 50 公分)

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
距離(cm)	120.0	111.1	114.2	128.0	137.5	124.3	123.6	139.7	134.1	116.2	114.9
面積 (cm ²)	22608	19378.8	20475.4	25722.9	29682.8	24257.3	23984.8	30640.3	28233.0	21198.8	20727.2

表格 1-3 桌子上 (離地 112.5 公分)

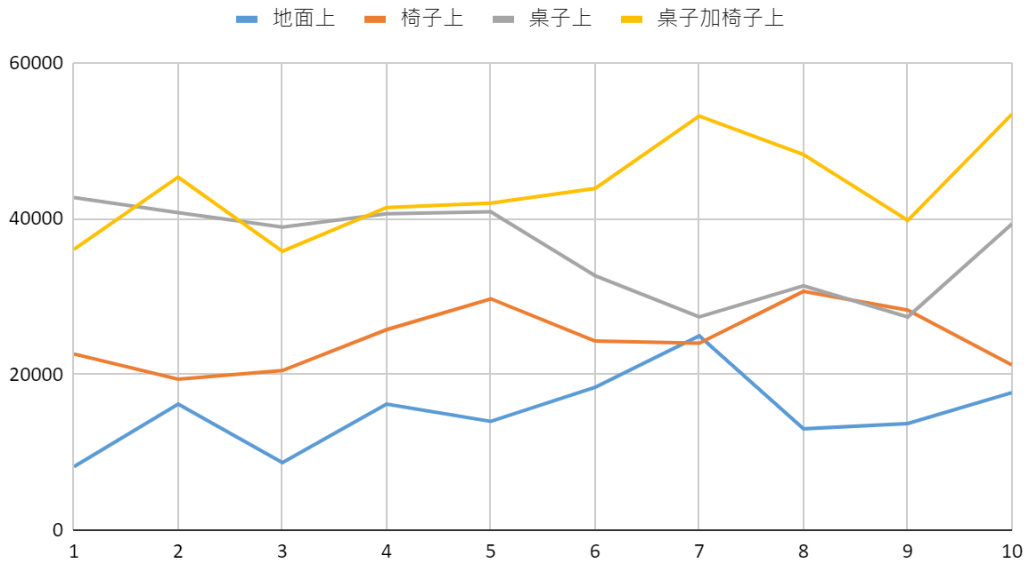
次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
距離(cm)	164.9	161.1	157.4	160.8	161.3	144.2	132.0	141.3	150.5	158.2	156.3
面積 (cm ²)	42691.5	40746.5	38896.4	40594.9	40847.8	32646.0	27355.7	31346.0	27355.7	39292.8	36177.3

表格 1-4 桌子加椅子上 (離地 148.5 公分)

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
距離(cm)	151.5	169.9	151.0	162.4	163.5	167.1	184.0	175.2	159.1	184.4	166.8
面積 (cm ²)	36035.0	45319.6	35797.6	41406.8	41969.6	43838.2	53153.9	48191.2	39741.1	53385.3	43883.8

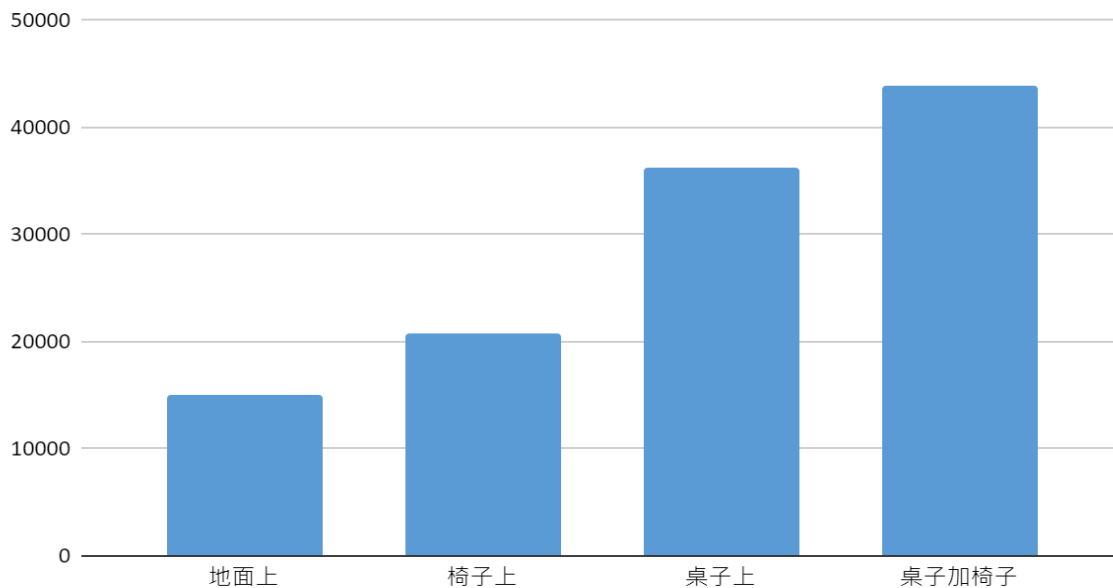
表格 1-5 不同高度 10 次實驗數值比較

單位：平方公分



表格 1-6 不同高度之平均噴灑面積比較

單位：平方公分



(二) 實測結果與發現

1. 從表格中可見，想讓噴灑的範圍更廣，可以把水龍捲噴瓶放置於高處。
3. 依照物理原理，我們推測會出現此現象是因為壓力是水龍捲噴瓶灑水的主要動能，且當噴瓶從較高處噴灑時，水滴的飛行時間會比較久，也就會較遠。

二、實驗二：探討壓力對噴灑面積的影響

固定裝入 1 公升的水且將水龍捲噴瓶放置於桌子上，探討壓力對噴灑距離和面積的影響，有三種不同的加壓次數，15 下、25 下和 35 下。(壓力平均值分別為 kg/cm^2)

(一) 實驗紀錄

表格 2-1 打氣加壓 15 下

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
距離 (cm)	133.8	140.6	147.4	123.8	142.4	129.1	131.4	137.5	129.5	138.5	135.4
面積 (cm ²)	28106.8	31036.3	34111.0	24062.5	31836.1	26166.9	27107.6	29682.8	26329.3	30116.1	28855.5

表格 2-2 打氣加壓 20 下

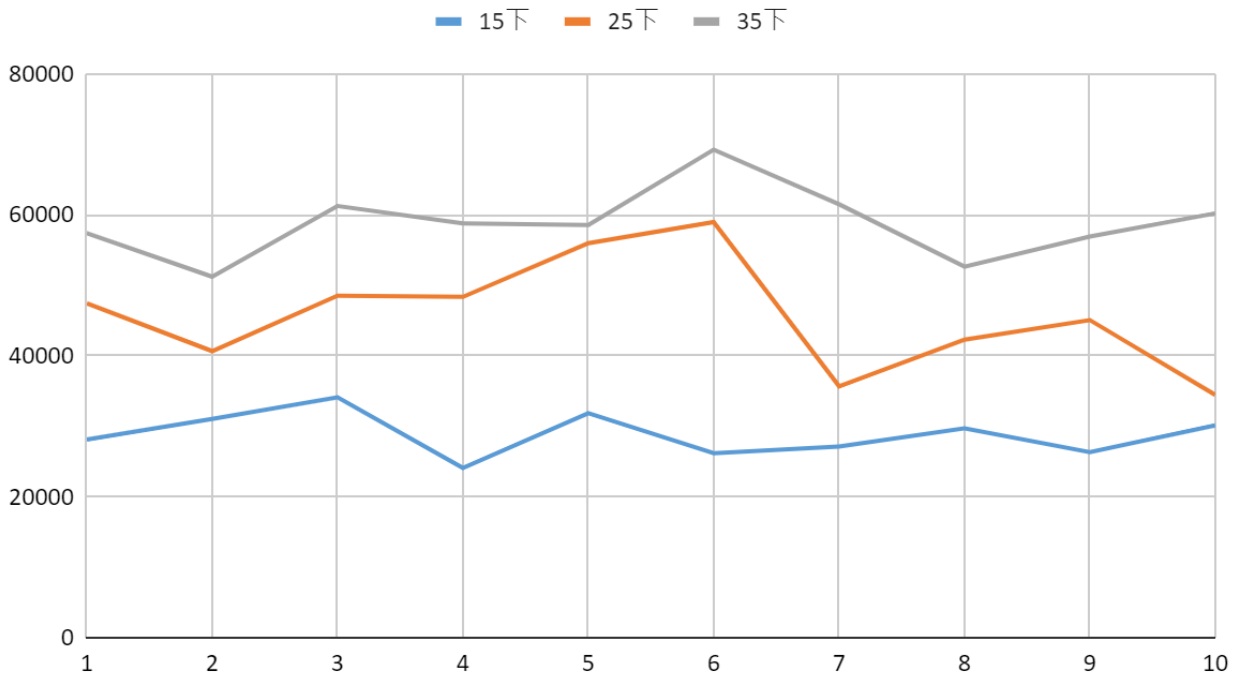
次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
距離 (cm)	173.8	160.9	175.8	175.5	188.8	193.8	150.7	164.1	169.4	148.1	170.1
面積 (cm ²)	47424.1	40645.4	48521.9	48356.4	55963.3	58966.8	35655.5	42278.2	45053.3	34435.8	45730.1

表格 2-3 打氣加壓 35 下

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
距離 (cm)	191.2	180.6	197.5	193.5	193.1	210.0	197.9	183.1	190.4	195.8	193.3
面積 (cm ²)	57395.2	51207.7	61239.8	58784.3	58541.6	69237	61488.1	52635.2	56915.9	60190.1	58763.5

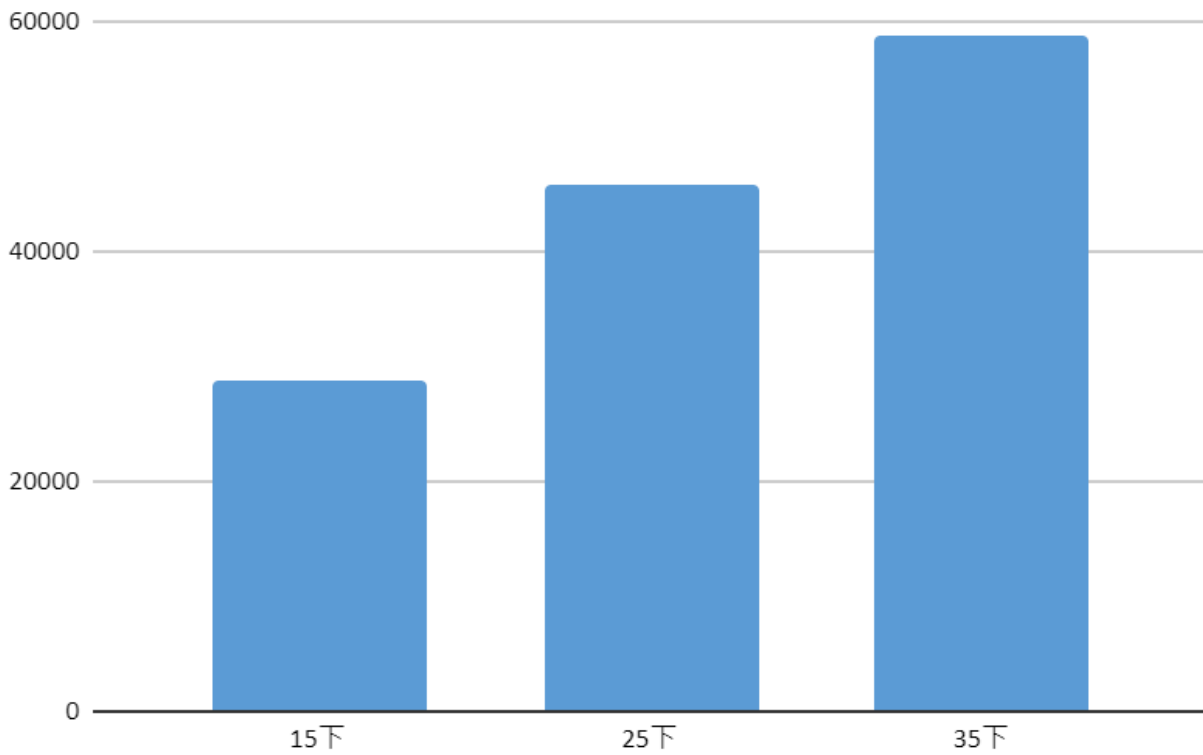
表格 2-4 不同加壓次數 10 次實驗數值比較

單位：平方公分



表格 2-5 不同壓力之平均面積比較

單位：平方公分



我們使用簡易的球針壓力計來測量不同加壓次數的實際壓力數值，如以下表格：

表格 2-6 噴瓶加壓次數與實際壓力數值

水量 0.5L (壓力單位：kg/cm²)

加壓次數	1	2	3	4	5	平均
15 下	0.23	0.47	0.45	0.43	0.41	0.40
25 下	0.71	0.69	0.68	0.68	0.75	0.70
35 下	0.86	0.89	0.90	0.86	0.82	0.87

水量 1L (壓力單位：kg/cm²)

加壓次數	1	2	3	4	5	平均
15 下	0.48	0.61	0.53	0.54	0.63	0.56
25 下	0.84	0.77	0.81	0.91	0.99	0.86

我們沒有完成水量 1 公升加壓 25 次的實驗，原因為尚未加壓至 25 下，噴瓶內的壓力就快超過壓力計的極限了。0.99kg/cm²，所以沒有完成 1 公升 35 下以及 1.5 公升的實驗，是為避免測量工具損毀而暫停實驗。



圖(十二)測量實際壓力值的裝置

(二) 實驗討論

1. 從表格中可見，壓力愈大，噴出的水就愈多，可以噴灑到的範圍也就更廣。
2. 我們認為壓力越大，蝶形灑水頭的旋轉度愈快，離心力愈強，可以使水滴飛行的愈快愈遠。

三、實驗三：比較不同水管長度的噴灑面積

本實驗的控制變因為放置噴瓶高度(桌子高)、加壓次數 25 下和水量 1 公升。此時的操作變因為水龍捲噴瓶的水管長度。實驗一和二的水管長度接固定為 15 公分，本實驗是比較長度 10 公分、15 公分和 20 公分長的水管。

(一) 實驗紀錄

表格 3-1 水管長度 10cm

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
距離 (cm)	172.0	191.6	198.6	179.4	198.9	167.9	187.5	198.9	188.4	196.9	188.0
面積 (cm ²)	46446.9	57635.6	61923.9	50529.5	62111.1	44258.9	55195.3	62111.1	55726.5	60868.3	55680.7

表格 3-2 水管長度 15cm

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
距離 (cm)	164.9	161.1	157.4	160.8	161.3	144.2	163.2	141.3	150.5	158.2	156.3
面積 (cm ²)	42691.5	40746.5	38896.4	40594.9	40847.8	32646.0	41815.8	31346.1	35560.9	39292.8	38443.9

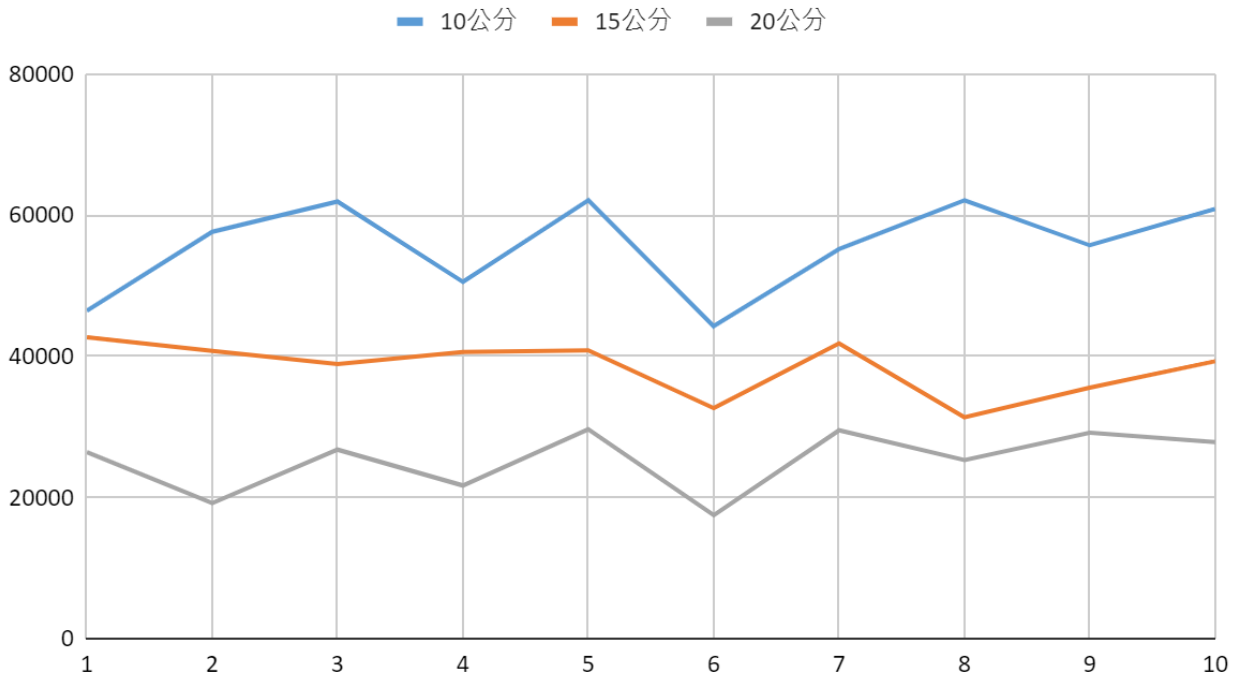
表格 3-3 水管長度 20cm

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
距離	129.7	110.6	130.6	117.5	137.4	105.5	137.1	126.9	136.3	133.2	126.5

(cm)											
面積 (cm ²)	26410.7	19204.8	26778.5	21675.8	29639.7	17474.5	29510.4	25282.7	29167.0	27855.3	25299.9

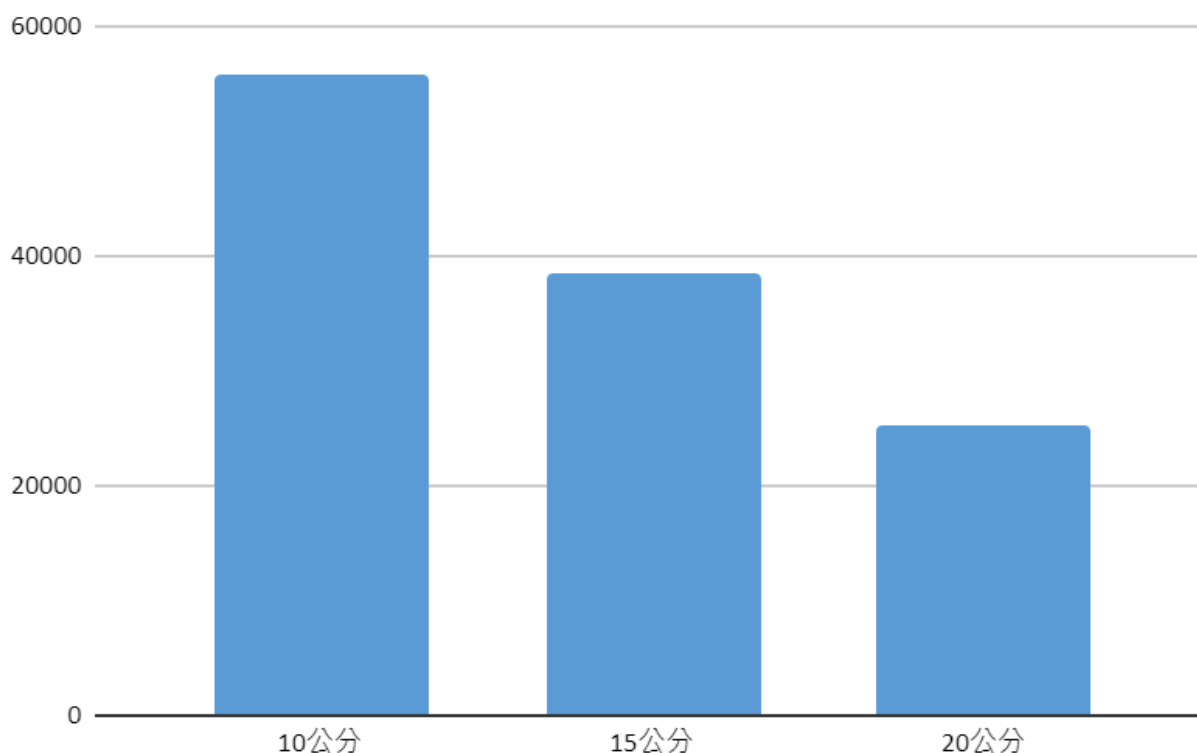
表格 3-6 不同水管長度 10 次實驗數值比較

單位：平方公分



表格 3-5 不同水管長度之平均面積比較

單位：平方公分



(二) 實驗討論

1. 按照實驗結果，我們發現水管長度愈短，角度愈大，噴灑距離愈遠，是因為水管愈短，會被摩擦力消耗的噴灑動能愈小，水就可以灑得愈遠。
2. 做完實驗後，我們想知道做出比 10 公分還短的水管是否會比其效果更佳，決定試試看製作長度 5 公分的水管，可是經過測試無法使用，推測可能是因為 5 公分的水管與噴瓶瓶身成 90 度角，要讓水柱垂直噴出，可能會耗費更多動能。
3. 角度是 90 度的水管噴灑距離最遠，我們推測是因為水會直直地向前噴，可以噴得較遠。

四、實驗四：比較不同水量的噴灑時間與面積

本實驗為測量不同水量的噴灑時間與面積。除了瓶內水量以外，其餘變因都相同，固定將噴瓶放置於桌子上，加壓 25 下，我們比較了裝 0.5 公升、1 公升或 1.5 公升三種不同的水量所噴灑的時間。我們也測量了 1 公升、1.2 公升和 1.4 公升的噴灑距離。

(一) 實驗紀錄

時間實驗：

表格 4-1 水量 0.5L

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
時間 (秒)	17.1	16.7	15.0	16.5	19.5	16.9	14.4	14.5	12.8	16.6	16.0

表格 4-2 水量 1L

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
時間 (秒)	52.1	65.3	66.2	56.6	67.4	50.6	57.4	44.6	44.3	51.2	55.6

表格 4-3 水量 1.5L

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
時間 (秒)	46.0	43.8	49.8	52.7	49.3	44.8	45.4	44.6	49.8	42.9	46.9

距離實驗：

表格 4-4 水量 1.2L

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
距離 (cm)	198.7	214.1	210.6	202.5	208.1	202.1	198.4	201.1	193.8	200.1	202.9
面積 (cm ²)	61986.3	71966.9	69633.2	64379.8	67989.8	64125.7	61799.2	63492.7	58966.8	62862.8	64634.4

表格 4-5 水量 1.4L

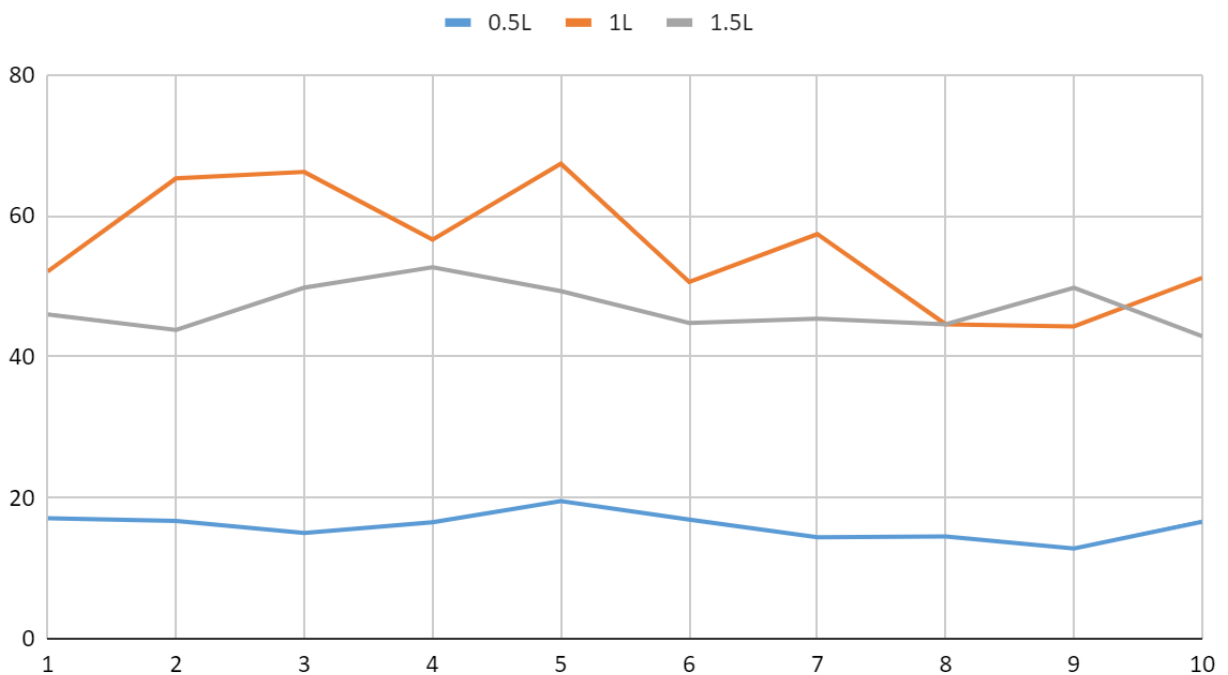
次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
距離 (cm)	201.3	218.1	204.5	207.6	207.6	212.3	222.4	220.7	218.3	221.6	213.4
面積 (cm ²)	63619	74681.2	65657.8	67663.5	67663.5	70761.9	77655.0	74818.2	77097.3	77097.3	71497.1

表格 4-6 水量 1.5L

次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
距離 (cm)	241.6	257.3	251.2	256.3	253.3	254.2	254.3	252.1	254.6	244.9	226.5
面積 (cm ²)	91641.8	103939.2	99069.3	103132.8	100732.0	101449.7	101529.5	99780.4	101769.2	94162.3	80544.5

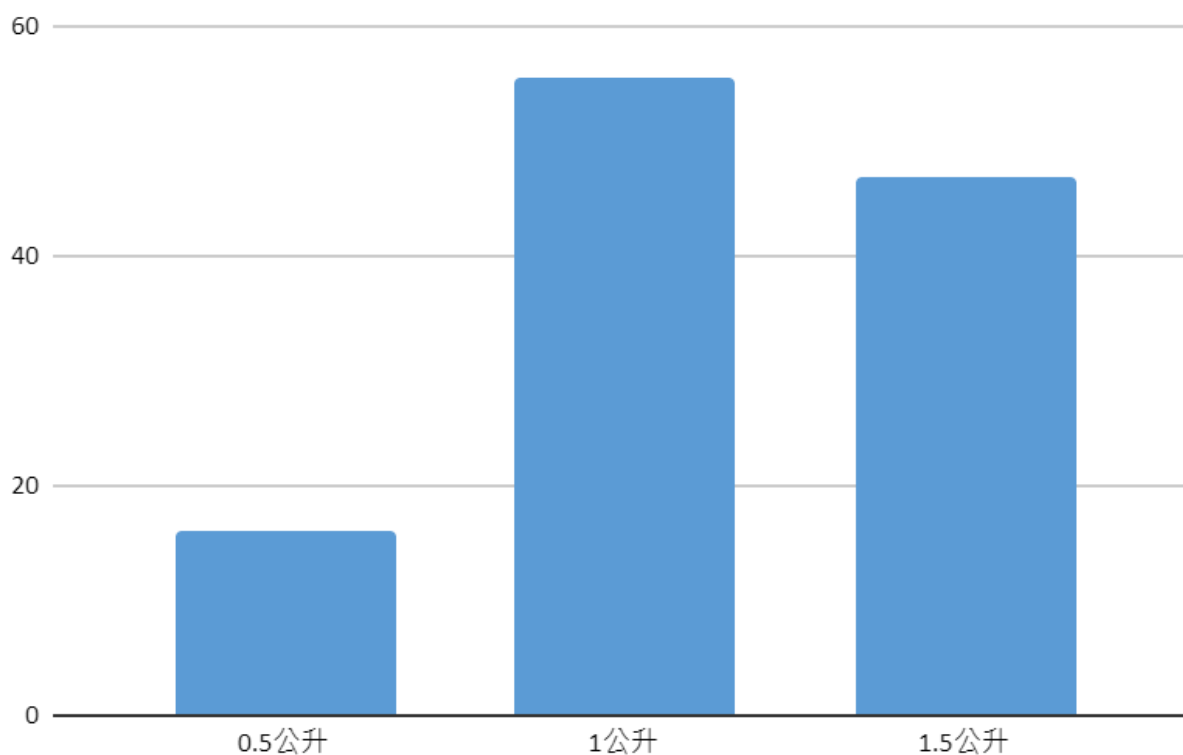
表格 4-7 不同水量之噴灑時間 10 次實驗數值比較

單位：秒



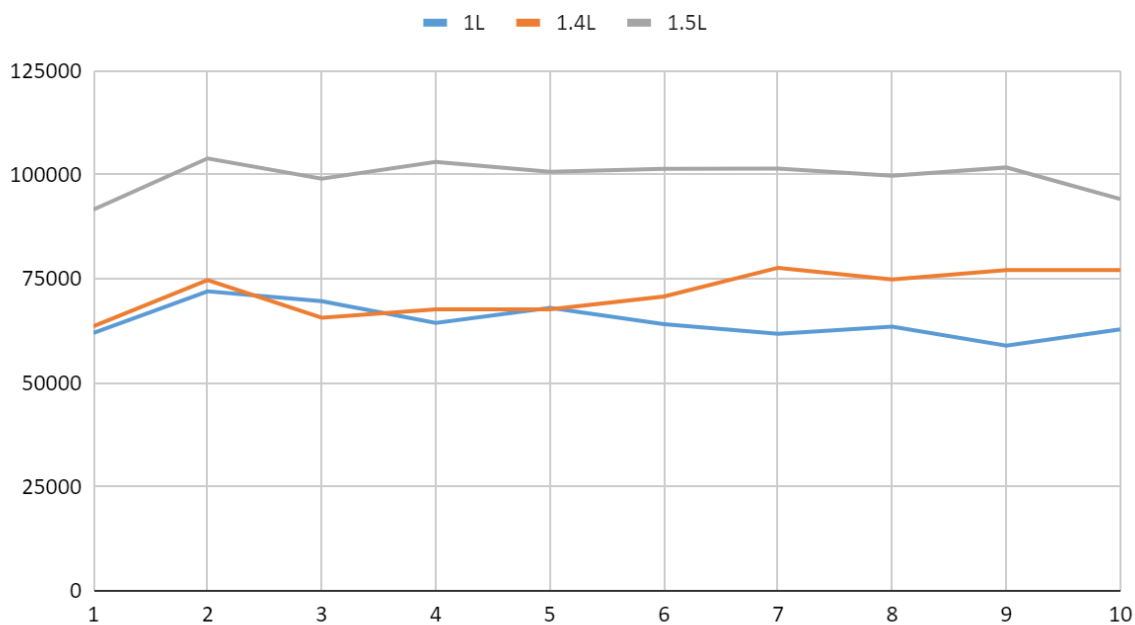
表格 4-8 不同水量之平均噴灑時間比較(單位：秒)

單位：秒



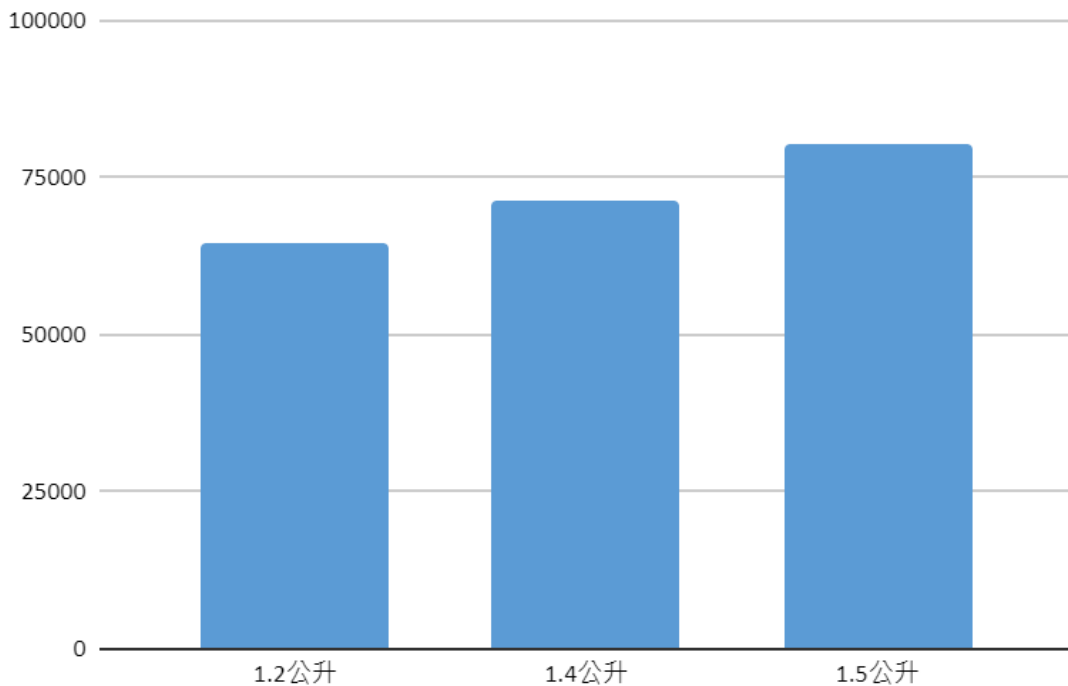
表格 4-9 不同水量之噴灑面積 10 次實驗數值比較

單位：平方公分



表格 4-10 不同水量之平均噴灑面積比較(單位：平方公分)

單位：平方公分



(二) 實驗討論

1. 噴灑時間最久的是水量 1L (平均 55.6 秒)，0.5L (平均 16.0 秒) 和 1.5L (平均 46.9 秒) 且無法噴完。於是我們推論，
2. 推測是因為水量 0.5L 的壓力不足，水量 1.5L 的噴瓶無法將全部的水噴完，1L 的水就可以全部噴灑完畢，且壓力足夠，因此若希望噴灑時間長，1L~1.5L 的水是最佳水量。
3. 我們發現水量愈多，噴灑距離愈遠，可能是因為水量多，壓力就大，因此若球噴灑距離遠，1.5L 是最佳水量。
4. 我們的時間實驗和距離實驗所用的三種水量不同，是因為 0.5L 的壓力不足，蝶形灑水頭無法全程旋轉，雖可測量噴灑時間，但無法精準測量噴灑距離，因此決定使用不同水量進行實驗。

五、實驗五：比較水龍捲噴瓶與市售加壓噴瓶的效能

我們以水龍捲噴瓶和一般市售的加壓噴瓶來進行噴灑實驗並比較其效果

(一) 實驗記錄

表格 6-1 水龍捲噴瓶與市售加壓噴瓶的效能比較

效能	水龍捲噴瓶	市售加壓噴瓶
噴灑距離	202.7 cm	130.5 cm
噴灑範圍面積	64507.05 cm^2	26737.49 cm^2
噴灑 1 公升水量所需時間	15.7 秒	129.1 秒
噴灑水量滲入海綿的深度	0.41 cm	0.32 cm

(二) 實驗討論

1. 水龍捲噴瓶的噴灑距離比市售噴瓶遠，面積較大，可以更快的將水全部噴完。
2. 市售加壓噴瓶的噴灑距離較近，面積較小
3. 市售加壓噴瓶噴完 1 公升所需的時間是要花很多時間。
4. 水龍捲噴瓶噴瓶所噴灑的水量滲入海綿的平均深度比市售加壓噴瓶噴灑水量滲入海綿的平均深度深。

六、實驗六：實際測試了解水龍捲噴瓶的實用性且根據環境需求找到水龍捲噴瓶的最佳水量、放置高度、加壓次數並在草坪測試中了解水龍捲噴瓶使用在大範圍面積的效能 S

實驗 6-1

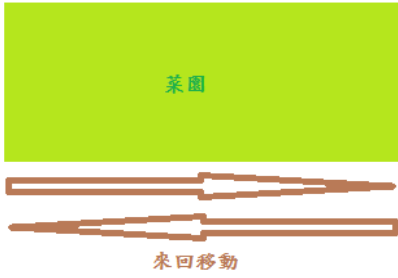
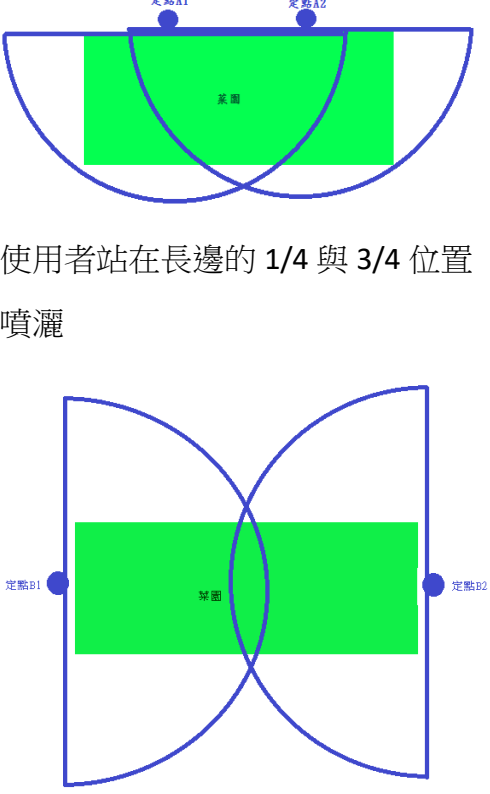
之前自然課在學校種了一個小菜園，我們為了了解水龍捲噴瓶的實用性，我們使用它澆灌菜園，且找出使用的最佳方式。

(一) 實驗討論

1. 實驗之後我們發現，水龍捲噴瓶比市面噴瓶(或家用水管)更適合澆灌花圃，原因在於水龍捲噴瓶噴灑的水花相較之下更均勻，水柱也不會太大(導致植物根部受傷，影響植物生長)。
2. 澆灌方式有兩種：移動式和定點式，各有其優缺點。

表格 6-1 移動式澆灌與定點式澆灌的優缺點比較

澆灌方式	移動式	定點式

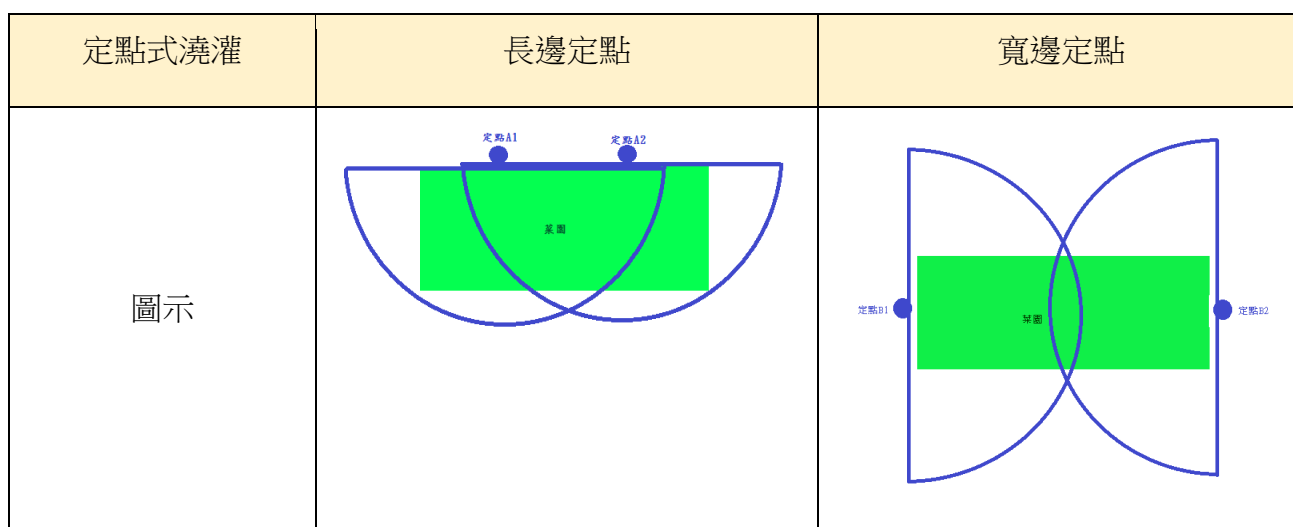
<p>圖示</p>		 <p>使用者站在長邊的 1/4 與 3/4 位置噴灑</p> <p>使用者站在寬邊的 1/2 位置</p>
<p>優點</p>	<p>面積可以涵蓋到整個菜園，可較快將菜園澆灌完畢。</p>	<p>當水龍捲噴瓶固定放置在一個定點位置時，可以扣上卡榫，使噴瓶自動噴灑，不需手持噴瓶。過程中使用者也可以利用時間除草，準備肥料等</p>
<p>缺點</p>	<p>使用者必須持續拿著水龍捲噴瓶，噴出來的水量會不夠，因此需要來回走動約 3 趟，菜苗才會得到足夠的水分。</p>	<p>會需要輪流放在不同位置，並重複裝水、加壓。</p>

3. 以下是我們根據實驗結果預估澆灌菜園最適合使用的高度、水量、加壓次數，以及對使用者的建議：

(1)菜園面積為 57120 cm^2 (420cm×136cm)，根據以上實驗結果，為了讓水滴的飛行時間愈久，可以以小學生將手臂平舉伸直，與身體垂直的高度噴灑，距離地面的高度為 148.5cm，能噴灑到較大的範圍。

(2)建議以 1 公升的水量，且為了讓水滴的飛行速度快和遠，建議打氣加壓到 55 下。不選擇 1.5 公升的水量的原因為**壓力過大**，無法加壓到 55 下。建議使用者以**定點式澆灌**為主，重複裝水、加壓兩次，土壤即可得到充分水分。由此可證明水龍捲噴瓶只要 2 公升的水，便可均勻的澆灌到將近 6 平方公尺的面積，屬於省電又省水的裝置。(細膩的噴灑，不會傷害到植物根部。一次給的水太多，會使土壤被沖刷掉，導致植物根部裸露)

(3)我們發現定點式澆灌有兩種：常邊定點和寬邊定點，如下圖所示：



我們在測試後發現寬邊訂點可以把水灑得較均勻，因此建議使用者以寬邊定點澆灌。

實驗 6-2

在學校的草坪進行實際測試，我們實驗的區塊是工友叔叔的水管灑不到的部分，因此我們決定在此使用水龍捲噴瓶。

(一)實驗討論

1. 噴灑一次之後，發現土壤顏色的變化不明顯，因此決定進行第二次噴灑，因此，33300 cm^2 面積的草坪，共使用了 12 公升的水。
2. 在噴灑的過程中，不是所有的水都能成功地落地，因為是移動式澆灌，在噴灑的過程中有一部份的水被灑到草坪外，12 公升的水所噴灑的效果比預期的好。



圖(十三)在菜園進行移動式澆灌



圖(十四)在草坪進行噴灑



圖(十五)進行噴灑前的草坪



圖(十六)進行兩次噴灑後的草坪

伍、結論

一、實驗中我們發現，水龍捲噴瓶在高度 148.5cm(桌子+椅子)的噴灑距離為最遠，因此，若不考量到臨界值，推論放置噴瓶的**位置愈高**，**噴灑距離愈遠**，面積愈大。可知噴灑面積與放置噴瓶的位置呈正相關。

二、在壓力實驗中，我們發現**壓力愈大**，蝶形灑水頭的旋轉度愈快，離心力愈強，可以使水滴**飛行的更快更遠**。噴灑面積與加壓次數呈正相關。而這也涉及到牛頓第一運動定律的原理，**靜者恆靜，動者恆動**，當水珠被噴灑出來時，會持續飛行直到落地，也就是被受外力干擾。

三、水管長度與噴灑面積比較：10 公分>15 公分>20 公分，水管長度與噴灑面積呈現高度負相關。我們推測，水柱在噴灑過程中，接觸管壁時所產生的**摩擦力**，會干擾噴灑效能。因此，水管長度會改變摩擦力大小，水管長度越長，摩擦力愈大，噴灑面積相對越小；水管長度越短，摩擦力越小，噴灑面積相對更大。可見**噴灑面積水管長度呈負相關**。

四、在「噴灑時間」實驗中，發現水量 1 公升的噴灑時間會最久。水量 1.5 公升的噴灑距離最遠。我們由此推論，水量愈多，瓶內壓力愈大，可以使它的噴灑距離愈遠，範圍愈廣。我們推測，水量愈多，空氣量愈少，施以相同的加壓次數之後，會產較大的壓力，也因此可以噴灑到更大的範圍。

五、在比較一般市售噴瓶與水龍捲噴瓶時，發現水龍捲噴瓶可以噴灑的範圍比市售噴瓶更廣，噴灑效率也更佳，且他所噴出的水量滲入海綿的深度也比市售加壓噴瓶噴出水量滲入的深度深。

六、在實際應用中，發現加壓 55 下，水量 1 公升效果最佳，雖然水量為 1.5 公升的噴灑距離更遠，但為了讓噴瓶裡的水與空氣呈現飽和狀態，最佳按壓次數為 55 下，這也是本作品的加壓極限。為了增加噴灑的水量，建議可適度調整為 1~1.5L。當人站在菜園寬的一半時(約 68 公分的半徑)，噴灑最遠距離已經超過了花圃面積的一半(420*68cm)。水龍捲噴瓶的噴灑範圍不但廣大，在加裝蝶形灑水頭後，灑水時更是不會因水壓過大而沖刷掉植物根部的土壤，傷害到植物根部。使用效果最好的變因，我們也做了個校園草坪的實際應用。請了四位同學站在草坪的四個角落，進行移動式噴灑，最終使用了 12 公升澆灌完 33000 cm^2 的草坪，潮濕程度(土壤顏色)有明顯的差異，可見噴灑效果佳。

陸、參考文獻資料

一、劉品榆。水龍捲噴瓶。IEYI 世界青少年創客發明展暨臺灣選拔賽作品完整說明表。

二、張鈞晏等(2022)。力力皆辛苦—自製自動供水器。第 62 屆全國中小學科學展覽會作品說明書。

三、查無作者。輕飄飄的感覺----白努力定律探討。取自

https://jweb.kl.edu.tw/userfiles/1365/document/36257_108-%E7%89%A9%E7%90%86-%E9%95%B7%E8%88%88%E5%B0%8F.pdf

四、科學 Online 高膽自然科學教學資源平台：白努力原理。取自

<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=1524>

五、魏鳳文，武軼(2020)。科學史上的 365 天：春卷。清文華泉出版。

六、台北酷克雲(2018)。高中物理噴霧器與白努力定律。取自

https://www.youtube.com/watch?v=qYl_UBDja24

【評語】 082923

1. 本作品之動機明確以開發簡易無動力較小範圍之園藝植栽給水噴瓶，具實用價值與成本考量以組合既有資材和元件設計而成。
2. 建議提出改變既有噴瓶霧化裝置改龍捲噴頭，是否仍有調節霧化之功能？
3. 建議可在精算提出增加噴灑面積可能造成完成相同工作範圍所需反覆裝填水瓶的次數和手動加壓次數。
4. 建議提出本作品未來可能的商業價值或產品設計專利之可能。

作品海報

摘要

我們在照顧陽台的盆栽植物時，發現加壓噴瓶無法完全噴灑到盆栽的每一個角落，因此研發了「水龍捲噴瓶」，並希望將本產品應用在大樓陽台以外的花園、菜園或草坪。本研究中我們主要探討影響水龍捲噴瓶的噴灑範圍面積的因素，以及如何讓它的噴灑範圍最廣，最有效率。我們比較了一般市售的加壓噴瓶與我們改良的水龍捲噴瓶，發現水龍捲噴瓶的噴灑面積較大，且可以較快速的將瓶內的水噴完，讓植物得到足夠的水分。除此之外，它也是一個不需插電、不需接水管的節能省水裝置。根據實驗後的結果，我們有了以下發現：放置噴瓶的位置愈高，噴瓶加壓次數越多產生瓶內的壓力愈大，水管長度愈短，水龍捲噴瓶的噴灑面積就愈大。

研究動機

自然課時，我們在校園裡闢了一個小菜園，在照顧的過程中，我們遇到的一個問題是，菜園離水龍頭有很長的一段距離，即使很辛苦的提了一桶水來，也很難將水均勻的灑在菜苗上。

因此，我們想到可以利用同學研發的水龍捲噴瓶來解決這個問題，不需要接水管或水龍頭，只要事先加好水並加壓就可以噴灑。我們在澆灌菜園的過程中，好奇的問：「我們的噴瓶到底能噴到多大的範圍？要怎麼讓它的噴灑範圍最大，能最有效率的幫菜園澆水呢？」，決定進行此研究。

研究目的

- (一) 探討放置噴瓶的高度對噴灑面積的影響
- (二) 探討壓力對噴灑面積的影響
- (三) 比較不同水管長度的噴灑面積
- (四) 比較不同水量的噴灑時間與面積
- (五) 比較水龍捲噴瓶與市售加壓噴瓶的效能
- (六) 以實際測試了解水龍捲噴瓶的實用性並根據環境需求找到水龍捲噴瓶的最佳水量、放置高度、加壓次數

市售噴瓶



如何製作 水龍捲噴瓶



水龍捲噴瓶



實際應用

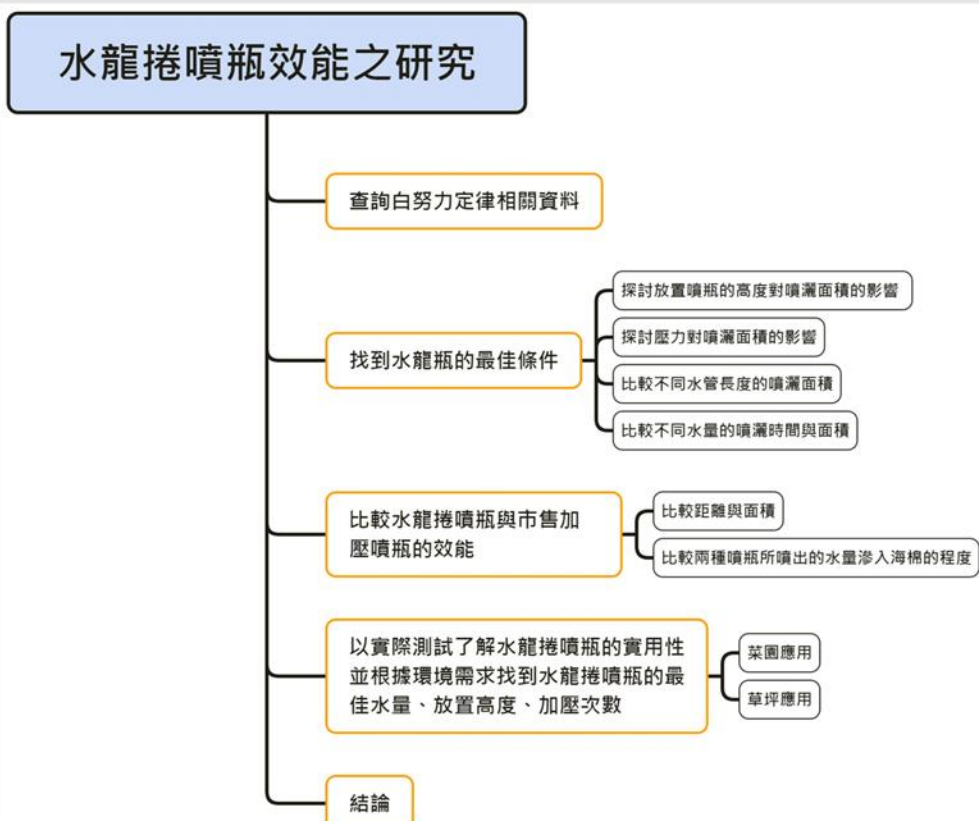
1. 菜園實驗

實驗進行位置是 $420 \times 136 \text{cm}^2$ 的菜園，以來回式和定點式的方式進行噴灑實驗。以水管長度、加裝水量、放置高度和加壓次數為操作變因，找到最佳的變因，接著進行草坪實驗。

2. 草坪實驗

實驗面積為 33300cm^2 的正方形，請4位同學分別站在草坪的四個頂點，以移動式澆灌草坪直到噴瓶停止噴灑，接著紀錄噴灑前後草坪的差異。

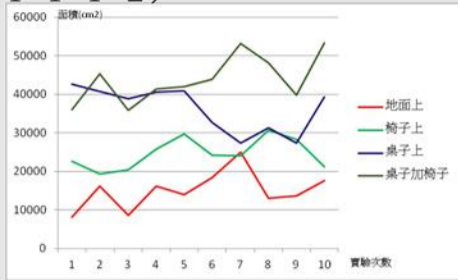
研究架構



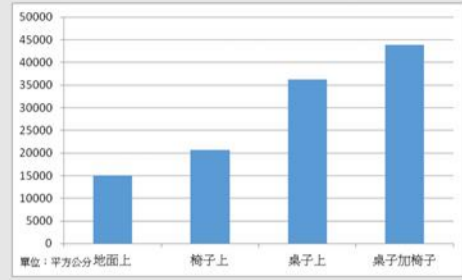
研究結果與討論

(一) 探討放置噴瓶的高度對噴灑面積的影響

我們發現放置噴瓶的高度愈高，噴灑面積愈大。(見圖1-1 1-2)



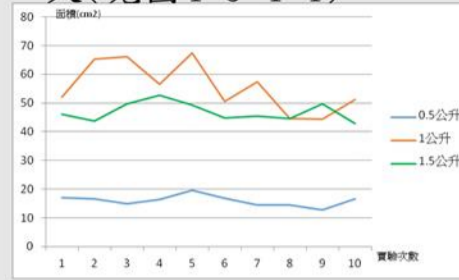
1-1 高度實驗10次數值比較



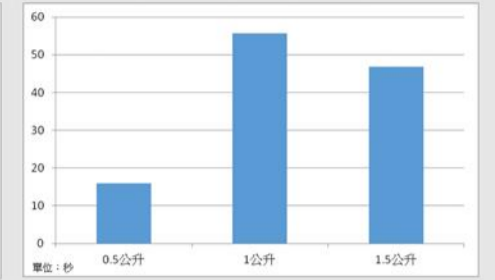
1-2 放置噴瓶高度與噴灑面積關係圖

(四) 比較不同水量的噴灑時間與面積

水量1公升噴灑時間最久，且水量愈多，噴灑面積愈大(見圖4-3 4-4)。



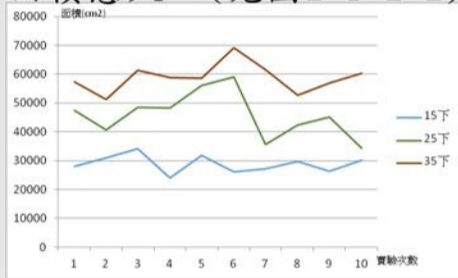
4-1 水量及噴灑時間實驗10次數值比較



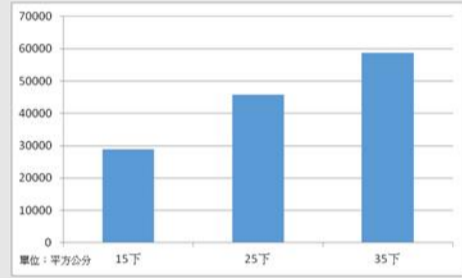
4-2 噴瓶水量與噴灑時間關係圖

(二) 探討壓力對噴灑面積的影響

瓶內壓力愈小，噴灑面積愈小。瓶內壓力愈大，噴灑面積愈大。(見圖2-1 2-2)



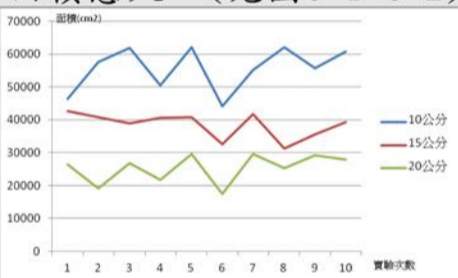
2-1 壓力實驗10次數值比較



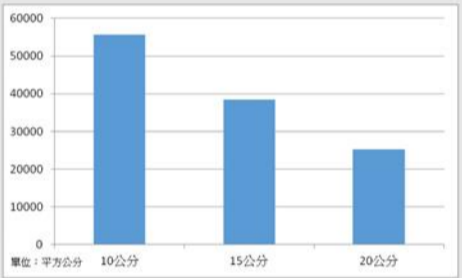
2-2 噴瓶加壓次數與噴灑面積關係圖

(三) 比較不同水管長度的噴灑面積

水管長度愈長，噴灑面積愈小，水管長度愈短，噴灑面積愈大。(見圖3-1 3-2)



3-1 水管長度實驗10次數值比較



3-2 水管長度與噴灑面積關係圖

(五) 比較水龍捲噴瓶與市售加壓噴瓶的效能

我們發現水龍捲噴瓶的效能遠遠超越一般市售噴瓶。(見圖5-1)

效能	水龍捲噴瓶	市售加壓噴瓶
噴灑距離(cm)	202.7	130.5
噴灑範圍面積(cm)	64507.05	26737.49
噴灑1公升水量所需時間(單位:秒)	15.7	129.1

5-1 水龍捲噴瓶與一般市售噴瓶的效能比較圖

(六) 以實際測試了解水龍捲噴瓶的實用性

經過菜園(見圖6-1 6-2)的實際測試後發現有移動式澆灌和定點式澆灌，定點式澆灌又分為長邊定點與寬邊定點。(見圖6-3 6-4 6-5)

經過草坪的實際測試後，發現兩次澆灌可以給予土壤足夠的水分。(見圖6-6 6-7)



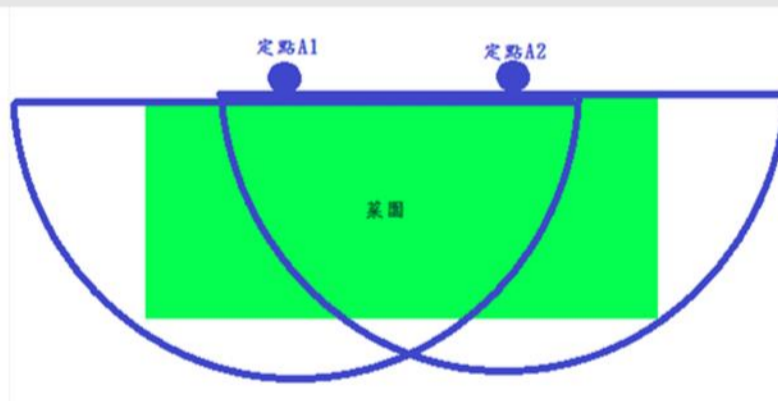
6-1 菜園



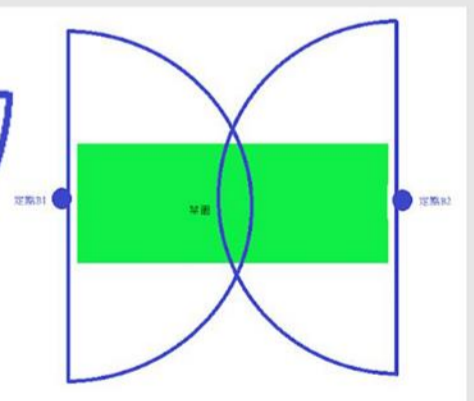
6-2 菜園進行移動式澆灌



6-3 移動式澆灌



6-4 長邊定點式澆灌



6-5 寬邊定點式澆灌



6-6 草坪--噴灑前



6-7 草坪--噴灑後

我們的實驗進行步驟如以下，並按照不同實驗改變變因：

距離實驗

- 將兩張牛皮紙鋪於實驗空間的地板上(依實驗所需可增加為三張)。並將水龍捲噴瓶裡裝入1公升的水量(壓力實驗改變為1、1.2、1.4公升)。
- 水龍捲噴瓶放置於桌子上(高度實驗改變為地面、椅子、桌子、桌子加椅子)。
- 按下閥，使水噴出並持續按壓5秒再放開。
- 用捲尺測量從噴瓶出水口到水滴的最遠滴落處的距離。
- 實驗中發現水龍捲噴瓶的噴灑面積接近半圓形，因此以半徑*半徑*3.14*1/2計算噴灑面積。
- 紀錄實驗結果。時間實驗(測量噴灑時間)

比較市售加壓與水龍捲噴瓶噴灑的水滲入海棉的深度

1. 將噴瓶放置於椅子上，其他變因皆為前面實驗中找到的最佳變因
2. 將3塊插花海綿放在離噴瓶噴水口34公分的位置
3. 持續噴灑22秒
4. 觀察海綿離邊緣0cm、3cm、6cm和9cm的滲水程度
5. 算出噴灑的平均滲水程度
6. 紀錄實驗結果



伍、結論

一、實驗中我們發現，水龍捲噴瓶在高度148.5cm(桌子+椅子)的噴灑距離為最遠，因此，若不考量到臨界值，推論放置噴瓶的位置愈高，噴灑距離愈遠，面積愈大。可知噴灑面積與放置噴瓶的位置呈正相關。

二、在壓力實驗中，我們發現壓力愈大，離心力愈強，使水滴飛行的更快更遠。噴灑面積與加壓次數呈正相關。涉及到牛頓第一運動定律的原理，靜者恆靜，動者恆動。

三、水管長度與噴灑面積比較：10公分>15公分>20公分，水管長度與噴灑面積呈現高度負相關。我們推測，水柱在噴灑過程中，接觸管壁時所產生的摩擦力，會干擾噴灑效能。因此，水管長度會改變摩擦力大小，水管長度越長，摩擦力愈大，噴灑面積相對越小；水管長度越短，摩擦力越小，噴灑面積相對更大。可見噴灑面積水管長度呈負相關。

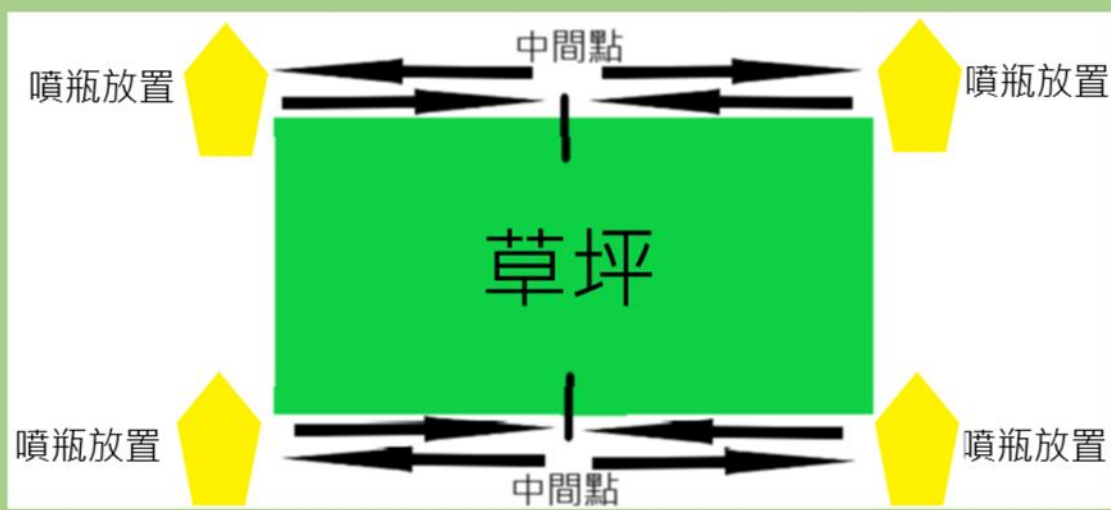
四、在「噴灑時間」實驗中，發現水量1公升的噴灑時間會最久。水量1.5公升的噴灑距離最遠。我們由此推論，水量愈多，瓶內壓力愈大，可以使它的噴灑距離愈遠，範圍愈廣。我們推測，水量愈多，空氣量愈少，施以相同的加壓次數之後，會產較大的壓力，也因此可以噴灑到更大的範圍。

五、在比較一般市售噴瓶與水龍捲噴瓶時，發現水龍捲噴瓶可以噴灑的範圍比市售噴瓶更廣，噴灑效率也更佳，且他所噴出的水量滲入海綿的深度也比市售加壓噴瓶噴出水量滲入的深度深。

六、在實際應用中，發現加壓55下，水量1公升效果最佳，雖然水量為1.5公升的噴灑距離更遠，但為了讓噴瓶裡的水與空氣呈現飽和狀態，最佳按壓次數為55下，這也是本作品的加壓極限。為了增加噴灑的水量，建議可適度調整為1~1.5L。當人站在菜園寬的一半時(約68公分的半徑)，噴灑最遠距離已經超過了花園面積的一半(420*68cm)。水龍捲噴瓶的噴灑範圍不但廣大，在加裝蝶形灑水頭後，灑水時更是不會因水壓過大而沖刷掉植物根部的土壤，傷害到植物根部。使用效果最好的變因，我們也做了個校園草坪的實際應用。請了四位同學站在草坪的四個角落，進行移動式噴灑，最終使用了12公升澆灌完33000cm²的草坪，噴灑前後的草坪，潮濕程度(土壤顏色)有明顯的差異，可見噴灑效果佳。



水龍捲噴瓶噴灑範圍接近半圓形



在草坪進行實際測試