

中華民國第 55 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

080825

源源不絕，「蔬」活自在—蔬菜自動澆水器

學校名稱：雲林縣元長鄉元長國民小學

作者：	指導老師：
小四 吳松林	余玉琴
小四 蔡碩淵	
小四 姚姸鐔	
小四 李錦興	
小四 李育蟬	
小四 李子宜	

關鍵詞：蔬菜自動澆水器、毛細現象、虹吸管原理

摘要

我們利用毛細現象，搭配資源回收箱裡每天都會出現的飲料杯及拖把脫落的棉繩，設計出能持續保濕的「毛細育苗盆」。經過測試，育苗盆可在走廊上維持一個星期不用澆水，讓土壤中的向日葵、小黃瓜、空心菜、秋葵和櫻桃蘿蔔種子順利發芽，地瓜葉枝條的扦插也成功；待幼苗發芽移到日照充足的三樓天台後，即使在陽光普照的天氣，也能利用毛細現象持續供水至少兩日，這解決周休二日菜苗的澆水問題。當菜苗移到菜園後，我們利用自然課本中的「九龍杯」虹吸原理，設計出菜園的定時定量澆水器，九龍杯可在每次啟動虹吸作用時供給蔬菜定量的水，儲水槽的設計，則讓有機菜園有機會利用雨水撲滿來澆灌，更為廚房洗菜洗米水的回收再利用提供一個方便可行的方案。

壹、研究動機

三年級下學期，自然與生活科技學到第二單元「蔬菜的成長」，老師讓我們親自育苗，觀察幼苗生長情形，再移植到學校的有機菜園裡。當時最困擾我們的就是澆水的問題。我們種了好多種蔬菜的種子，有些種子需要較長的時間才能發芽，有些則是幼苗期較長，需要在苗盆裡至少兩三個星期才適合移植到菜園裡。我們利用教室資源回收桶裡收集的早餐塑膠飲料杯，在杯底戳洞來當育苗盆，育苗用的土則是菜園的泥土混和一定比例市售的培養土來增加排水透氣性。不過排水透氣性增加之後，水分的散失也就相對的快速，於是我們每天都得小心翼翼地維持育苗盆的濕度。而遇到周休假日，更是提心吊膽：下雨擔心育苗盆底下的水盆積水，會泡爛植物的根；大晴天又擔心水盤裡的水很快蒸發完，幼苗在苗盆裡會渴死。記得當時我們的菜苗經常在周休假日之後死於非命。四年級上學期，學校裡的有機菜園搬新家了，新菜園離我們的教室比較遠，加上它離老師停車的地方太遠了，老師沒辦法像三年級下學期一樣趁每天早上來到學校時順便去菜園澆水，所以我們只好輪流利用早自修的時間去澆水。我們在菜園裡搭了棚架種了玉女小番茄。由於整個學期下雨的日子屈指可數，在老天爺不幫忙澆水的情形下，菜園裡的作物只能依靠我們這群小農夫來澆水過活。無奈我們這群小農夫每天在學校裡的生活忙碌而緊湊，往往一忙就抽不出時間來照料它們；好不容易找出時間去菜園澆水，也是拉著水管對著整棵植物噴灑，很難像課本上說的，避開番茄的葉子，只將水澆在根部的泥土裡，所以我們的小番茄活得不太開心。這學期我們在自然與生活科技第

二單元「水的移動」當中學到水的毛細現象、虹吸原理和連通管原理，發現原來古人就曾利用水移動的特性來引水灌溉，這引發我們設計蔬菜自動澆水器的興趣。我們首先上網用關鍵詞「自動澆水器」搜尋可參考的資訊，發現網路上有許多人和我們一樣有出遠門盆栽沒法澆水的困境，針對這個困境發展出五花八門的自動澆水設備。有的自動澆水器非常簡單，只要一個寶特瓶裝水扎兩個小洞倒插在盆栽的泥土裡，好像就能幫忙出遠門的主人解決澆水的問題；有的自動澆水設備是比較專業的當然也就價值不菲，得接上水龍頭，還要裝上電磁閥定時開關器來控制澆水時間，加上好複雜的水管管路設計，看得我們眼花撩亂。由於我們經費有限，就開始針對網路影片上的簡易做法來試做看看可行性。我們先試了寶特瓶扎洞倒立在盆栽裡的方法，結果發現，水很快就流光了。我們還看到利用寶特瓶截成兩段，瓶口段裝土，瓶身段當作儲水盆，兩者以棉繩連接，利用毛細現象所設計出來的自動給水花盆。這給了我們很大的靈感，於是我們搭配班上資源回收箱裡每天都會出現的早餐飲料杯，設計出能夠持續保濕的「毛細育苗盆」。

貳、 研究目的

- 一、利用毛細現象設計自動給水育苗盆。
- 二、育苗盆設計的修正與改良
- 三、探討育苗盆水分散失量與氣候因子間的關係
- 四、利用九龍杯虹吸原理設計菜園自動澆水器

參、 研究設備及器材

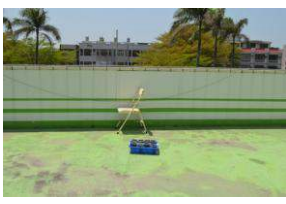
- 一、三種不同容量的透明飲料杯(360ml, 500ml, 700ml)。
- 二、白色童軍棉繩、藍色棉布繩、拖把棉繩。
- 三、美工刀、剪刀、圖釘、手持電鑽、電烙鐵槍、熱熔膠。
- 四、溫溼度計、育苗用 15 孔端盤、量筒、量杯、塑膠籃。
- 五、電子磅秤、計時器、相機、電腦。
- 六、透明糖果罐、透明塑膠管(1.5 分、2 分、3 分、4 分)、2 分小黑管、十字滴水架、醫療用的靜脈輸液器、附蓋 20 公升水桶(利用廢棄不用的廚餘堆肥桶)。

肆、研究過程與方法

一、實驗一：自動給水育苗盆使用不同毛細介質在無陽光直接照射下的水分散失實驗

(一)設計圖與器材(圖一)	(二)製作步驟
1. 500ml 及 360ml 早餐飲料杯各 8 個。30 cm 童軍棉繩及藍色棉布繩各 4 條。4 個圖釘、刀片、標籤紙、培養土、菜園土、噴霧器、向日葵種子 8 顆、電子秤。 2. 配置圖如下： 	1. 全班分成四組，每組將兩個 360ml(內杯) 早餐飲料杯底部用圖釘扎 10 個洞，並由老師以美工刀在底部畫出長度約 1cm 的交叉十字。 2. 將 500ml(外杯)飲料杯套在 360ml 飲料杯外面，沿著 360ml 飲料杯底部下方(大約距離 500ml 飲料杯底部 3.5cm 處)用圖釘扎出 10 個排水孔洞。每個外杯依序用標籤紙標上不同的編號。 3. 將吸水實驗用的童軍棉繩及藍色棉布繩分別穿過內杯底部的十字孔，棉線由底部伸出約 4cm。 4. 將培養土與菜園土約 1:2 的比例混和均勻，裝入內杯八分滿。 5. 將伸出土外的童軍棉繩及藍色棉布繩在內杯土表面靠近杯緣處繞一圈。 6. 利用噴霧器將內杯的土及棉繩噴濕，直到內杯底部開始有水滲出，滴到外杯的底部為止。 7. 靜置一夜，隔天早自修時間在每個育苗盆種下一顆向日葵種子，噴水後，將外盆加水至排水孔下緣處。 8. 秤重並記錄，將苗盆擺放於教室外走廊上廢棄的洗手台上。 9. 觀察苗盆發芽情形，並於每天早上 8:00 用電子秤秤重量。 10. 數據統計時，每日水分散失量的計算公式如下： 當日水分散失量 = 當日早上 8:00 盆重 - 次日早上 8:00 盆重

圖一、實驗一與實驗二毛細育苗盆實驗照片紀錄

			
①育苗盆基本材料	②操作情形	③配置完成的育苗盆	④利用電子秤秤重量
			
⑤第 6 天童軍棉繩組發芽	⑥未發芽的藍色棉布繩組改種入 10 顆空心菜種子	⑦移到三樓天台上	⑧三樓天台的實驗區
			
⑨放到天台後第 10 天	⑩經過三個星期，向日葵苗準備要種到菜園裡	⑪向日葵要開始在菜園裡展開新生活	⑫在菜園裡經過一星期的樣子

(三)結果：

表一~1：毛細育苗盆放置於走廊時水分散失情形

單位：g

實驗編號	A1	B1	C1	D1	平均	A2	B2	C2	D2	平均
毛細介質	白色童軍棉繩					藍色棉布繩				
4/10~4/12 減輕重量	20	24	21	28	23.3	22	25	26	21	23.5
4/13 減輕重量	19	21	22	21	20.8	21	19	21	21	20.5
4/14 減輕重量	18	18	19	13	17	18	17	19	21	18.8
4/15 減輕重量	17	18	16	23	18.5	16	15	16	16	15.8

1. 毛細育苗盆的耗水量在使用不同的毛細介質時，並無明顯差異。

2. 實驗前三天遇到周休假日，為陰雨的天氣，三天總耗水量每杯為 23.4g，平均一天耗水量為 7.8g。後三天為晴天，4 月 13 日的耗水量為每杯 20.6g，4 月 14 日的耗水量為每杯 17.9g，4 月 15 日的耗水量為每杯 17.1g。
3. 4 月 16 日上午 8:00 秤重後，使用童軍棉繩為毛細介質的四個育苗盆向日葵成功發芽，但使用藍色棉布繩的 4 個育苗盆則完全沒有發芽。我們將設計後續實驗，釐清是因為巧合剛好種在藍布棉繩育苗盆的向日葵種子品質不良導致發芽失敗，或者是藍布棉繩真的會影響種子的發芽。

表一~2：放置於走廊的毛細育苗盆水分散失量與氣象因子(註 1)間的關係

每盆每日平均耗水量(g)	平均溫度(°C)	平均相對濕度(%)
7.8	19.4	84.1%
20.6	20.8	65%
17.9	19.0	52.5%
17.1	20.3	69%

註 1：由於校內及學校附近並無收集氣象資訊的設備，故以氣象局網站中提供 30 日內詳細氣象資訊的地點，距離學校最近的嘉義氣象站為參考資料。

1. 實驗數據顯示，毛細育苗盆擺放於走廊時的耗水量受溫度和濕度所影響，尤其以相對濕度影響最大。但因數據點太少，不做迴歸分析，等到上三樓天台時，再增加觀測次數來取得氣象因子中的溫濕度與育苗盆水分散失間的關係。

二、實驗二：自動給水育苗盆使用不同毛細介質在無遮蔽環境下的水分散失實驗

(一)、實驗器材與步驟：

為測試前一組實驗的藍色棉布繩育苗盆是否會影響種子發芽，所以在白色童軍棉繩組的向日葵成功發芽後，在未發芽的四個育苗盆中，每盆種下 10 顆空心菜種子，用培養土覆蓋住原本在育苗盆表面的棉繩，利用噴水器將土噴濕。育苗盆的外盆加水至排水孔下緣，多餘的水分完全流出後秤重。將育苗盆以塑膠籃裝著，擺放於完全無遮蔽的三樓天台上。(見圖一~⑥⑦⑧)

(二)、結果：

表二~1：毛細育苗盆放置於三樓天台時水分散失情形

單位：g

實驗編號	A1	B1	C1	D1	平均	A2	B2	C2	D2	平均
毛細介質	白色童軍棉繩					藍色棉布繩				
種植作物	已發芽的向日葵苗					每盆 10 顆空心菜種子				
4/16 減輕重量	36	33	31	39	34.8	33	36	37	56	40.5
4/17~19 減輕重量	112	103	98	110	105.8	94	102	107	115	104.5
4/20 減輕重量	-27	5	-6	-35	-15.8	0	7	-13	-24	-7.5
4/21 減輕重量	24	3	18	19	16	17	19	16	25	19.3
4/22 減輕重量	48	61	41	41	47.8	41	37	44	45	41.8
4/23 減輕重量	45	41	39	39	41.0	41	34	43	45	40.8
*4/24~26(註 2) 減輕重量	112	100	95	93	100.0	102	84	121	115	105.5
4/27 減輕重量	54	49	48	44	48.8	50	41	56	59	51.5
4/28 減輕重量	53	47	45	41	46.5	49	42	58	56	51.3
4/29 減輕重量	60	55	51	51	54.3	55	48	65	58	56.5
4/30 減輕重量	52	47	42	45	46.5	45	36	56	52	47.3

註 2：4 月 24 日(星期五)放學前，因擔心逐漸長大的幼苗水分散失過快，無法在天台上撐過炎熱的周休假日，故於放學前(下午三點)，在外盆加水至滿水位後，再次秤重。所以 4/24~26 紀錄的數據並非完整三天的耗水量，而是 66 小時的耗水量。

1. 毛細育苗盆的耗水量在無遮蔽環境下使用不同的毛細介質時，並無明顯差異。
2. 4 月 16 日播種的空心菜種子經過周休假日，在 4 月 20 日星期一上學時，發現 4 盆均成功發芽。由此證明藍色棉布繩並不會影響種子的發芽。
3. 4 月 21 日凌晨下了一場大雨，故 4 月 20 日 的水分散失量出現負數，原因是有天然降水的關係。
4. 晴天全日照的情況下，育苗盆每日的水分散失量平均為 46.7g，以育苗盆外盆的儲水容量約 80~100ml 來看，應足以應付周休二日苗盆在戶外的供水量。

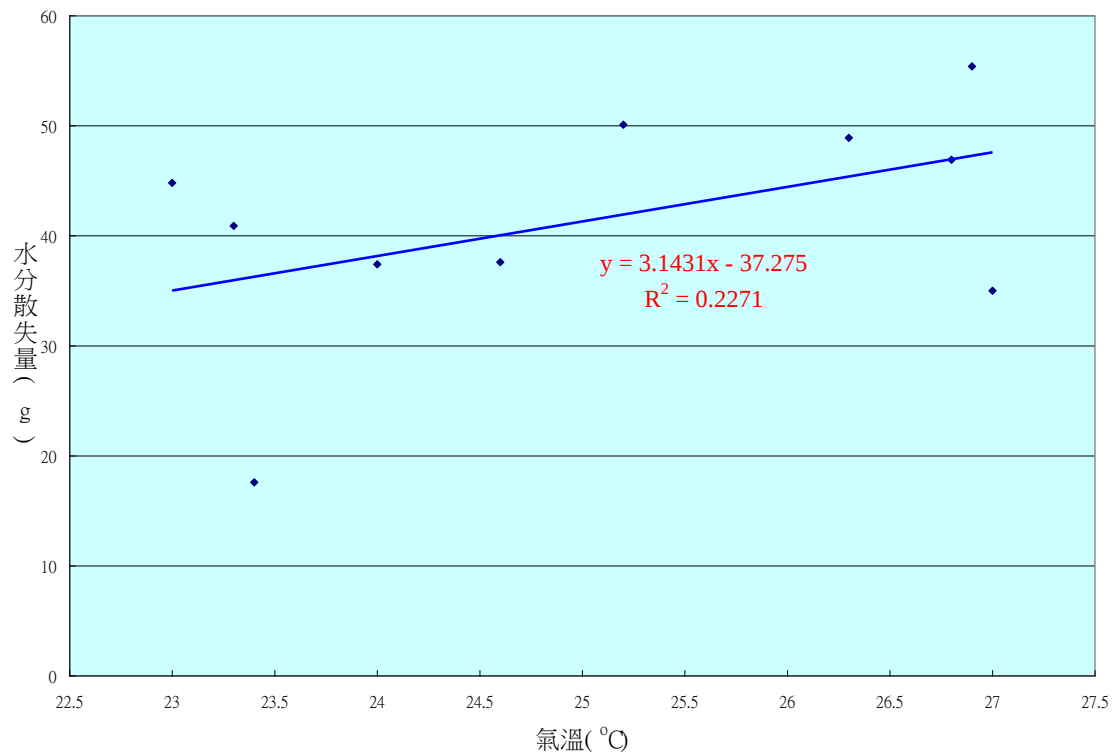
表二~2：放置於三樓天台毛細育苗盆的水分散失量與氣象因子(註 1)間的關係

	日照時間(hr)	每盆每日平均 耗水量(g)	平均溫度(°C)	平均相對濕 度(%)
4 月 16 日	11.5	37.6	24.6	65.8
4/17~4/19 三日平均	8.5	35.0	27.0	72.8
4 月 20 日	4.6	-11.6	27.9	66.8
4 月 21 日	0	17.6	23.4	83.9
4 月 22 日	8.1	44.8	23.0	78.3
4 月 23 日	6.8	40.9	23.3	80.4
4/24~4/26 兩天一夜	8	37.4	24.0	81.4
4 月 27 日	8.9	50.1	25.2	77.0
4 月 28 日	6	48.9	26.3	77.1
4 月 29 日	9.9	55.4	26.9	77.2
4 月 30 日	5.9	46.9	26.8	78.0

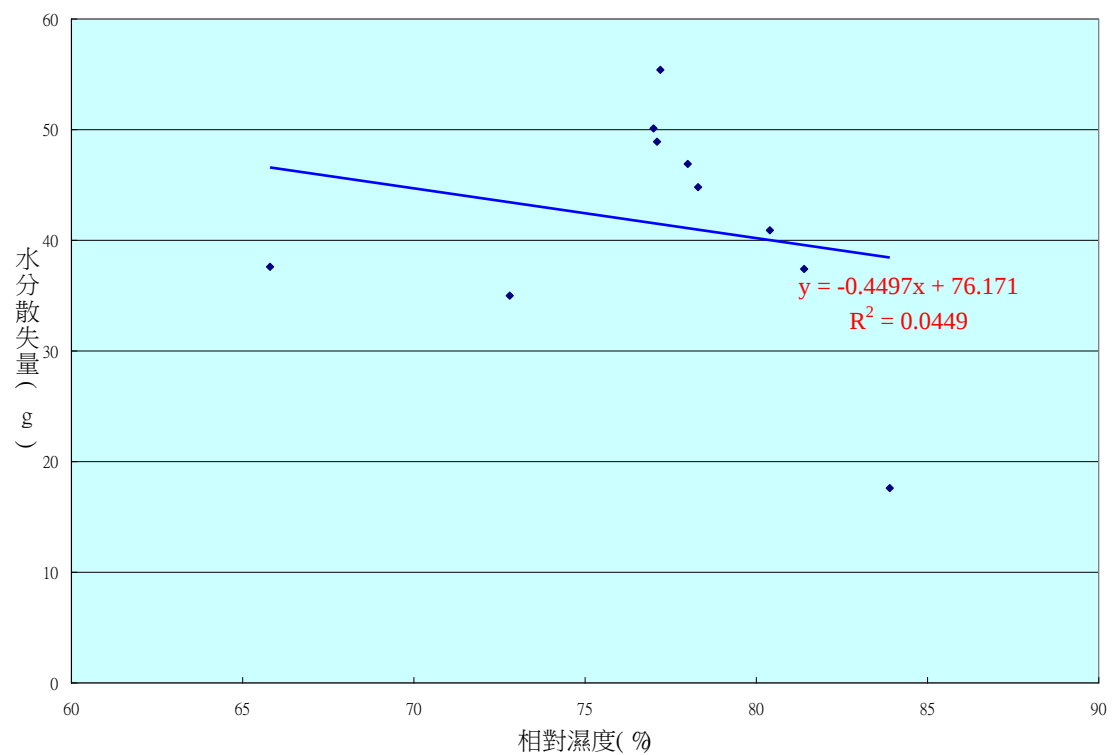
註 1：由於校內及學校附近並無收集氣象資訊的設備，故以氣象局網站中提供 30 日內詳細氣象資訊的地點，距離學校最近的嘉義氣象站為參考資料。

1. 毛細育苗盆的耗水量在無遮蔽環境下使用不同的毛細介質時，並無明顯差異。所以將兩組的數據合併計算出每盆每日的耗水量。
2. 因 4 月 20 日凌晨下大雨，故當日水分散失量出現負數。我們將當日的數據排除後，進行水分散失量與溫濕度間的關係分析，結果如圖二~1 和圖二~2：
3. 由圖二~1 和圖二~2 分析結果發現，在三樓天台上的水分散失量雖與在走廊上有類似的趨勢，但回歸指數並不高。猜測可能的原因是三樓天台上的微氣候與氣象站上的溫溼度紀錄的落差可能比較大，而走廊上的氣溫則和氣象站的紀錄較接近。所以我們想進一步的設計實驗，能夠在育苗盆附近測溫度和濕度，這樣來和水分散失量來做回歸分析，應該能獲得較準確的數據。

圖二~1：實驗二育苗盆水分散失量與氣溫間的關係



圖二~2：放置於三的樓天台毛細育苗盆水分散失量與相對濕度間的關係



三、實驗三：自動給水育苗盆小黃瓜育苗試驗_加大樣品數測試苗盆性能

(一)、實驗器材與步驟：

1. 育苗盆的改良與修正：

- (1). 增加盆土的排水性：上一批的 8 個育苗盆經測試，在第一次完全澆灌時，發現盆土排水不良，所以這一批育苗盆將提高培養土的比例，讓培養土與田土的比例達 1:1。
- (2). 毛細介質改為拖把棉繩：童軍棉繩與藍色棉布繩作為育苗盆的毛細介質，在上一批的實驗雖運作良好，但取得較不易，若要大量栽培，須尋找較方便取得的材質。因為教室的拖把經常會在使用過程中棉繩脫落，甚至偶而還會發生木柄斷裂拖把無法使用的情況，所以我們決定改用拖把棉繩來當做育苗盆的毛細介質。

這次全班每一位小朋友負責組裝一組育苗盆，每盆貼上自己座號的標籤。育苗盆設置如實驗一設計圖，但做些微修正。毛細介質改以教室內最容易取得的拖把棉繩(長度約 50 公分)為介質，下端垂下至外盆的長度為 10 公分，內盆裝培養土至八分滿，將伸出的棉繩繞在土表杯緣後，以小量杯澆水至濕透，再覆蓋薄土將棉繩蓋住，以噴水器噴濕表土，每盆放入 3 顆小黃瓜種子，覆土，再次用噴水器將苗盆的土噴濕。外盆加水至滿水位，靜置一夜之後，隔天早上約 8:00 時秤重。接下來每個上學日的上午 8:00 紀錄每個育苗盆的重量。若育苗盆外盆的水分乾掉，則測完重之後加水 80ml 然後再次測重紀錄。

2. 育苗盆的擺放地點：

先放在走廊廢棄的洗手台上，等發芽後再搬到三樓的天台上。

圖三、實驗三毛細育苗盆小黃瓜育苗試驗照片紀錄

		
① 苗盆設置	② 埋下三顆小黃瓜種子後以噴水器噴濕(4 月 16 日傍晚)	③ 放置於走廊的洗手台上
		
④ 每天早上 8:00 紀錄重量	⑤ 4 月 20 日發芽	⑥ 發芽的 14 盆移到三樓天台
		
⑦ 4 月 21 日清晨發現有一盆小黃瓜嚴重積水	⑧ 5 月 1 日準備要移植到菜園裡了	⑨ 小黃瓜換新家

(二)結果：

1. 18 個育苗盆當中，有 14 盆過了一個週休假日後，在 4 月 20 日上學日發現已成功發芽，但是幼苗似乎有徒長的情形。秤重後移到三樓天台；另外未發芽的 4 盆則在 4 月 21 日改種入 3 顆秋葵種子，繼續放在走廊的洗手台上，直到 4 月 24 日秋葵成功發芽後，才移到三樓天台上。
2. 將此批 18 個育苗盆區分成先發芽的 14 個樣品和後發芽的 4 個樣品，來計算平均水分散失量。結果如表三：

表三：自動給水育苗盆小黃瓜育苗試驗苗盆水分散失量

	日照時間 (hr)	每盆每日平均耗水量(g)		平均溫度 (°C)	平均相對濕度 (%)
		小黃瓜成功 發芽(14 盆)	改種秋葵 (4 盆)		
4/17~4/19 三日平均	8.5	16.2	16.3	27.0	72.8
4 月 20 日	4.6	-64.4	-39.5	27.9	66.8
4 月 21 日	0	20.8	7	23.4	83.9
4 月 22 日	8.1	41.9	11.8	23.0	78.3
4 月 23 日	6.8	40.1	10.5	23.3	80.4
4/24~4/26 兩天一夜	8	101.4(66hr) 38.4(24hr)	78.2(hr) 35.4(24hr)	24.0	81.4
4 月 27 日	8.9	54.0	46.8	25.2	77.0
4 月 28 日	6	51.1	45.0	26.3	77.1
4 月 29 日	9.9	63.4	52.0	26.9	77.2
4 月 30 日	5.9	49.6	47.3	26.8	78.0

1. 因 4 月 20 日凌晨下大雨，故當日水分散失量出現負數。
2. 放到天台後，因小黃瓜幼苗生長快速，故水分散失量較改種秋葵的苗盆來的高。
3. 從 4 月 27 日到 5 月 1 日這一週，天氣酷熱，苗盆日耗水量可高達 63.4g，苗盆每天早上秤完重量之後在外盆加滿水再次秤重。
4. 如果週休假日遇到像 4 月 29 日這樣的天氣，苗盆設計的儲水量恐怕會達到臨界點。
5. 4 月 28 日開始在天台上放置溫濕度計，發現天台上白天的最高溫居然可達到 43.5°C，顯然和氣象局上的氣象資料差異蠻大的。
6. 隨著小黃瓜的生長，水分的散失量有逐漸增加的趨勢。

四、實驗四：自動給水育苗盆地瓜葉扦插育苗試驗_分析苗盆內幼苗葉片數量多寡對水分散失的影響

(一)、實驗器材與步驟：

1. 育苗盆的改良與修正：

(1). **增加盆土的排水性**：上一批的 18 個育苗盆經測試，在第一次完全澆灌時，發現部分盆土排水不良，所以這一批育苗盆將再提高培養土的比例，讓培養土與田土的比例達 2:1。

(2). **加大內盆及外盆排水孔的口徑**：鑽排水孔由原本的圖釘扎孔，改以手持電鑽鑽出約 3mm 直徑的孔洞。

上一批的 18 個育苗盆經測試，發現同學們在將育苗盆裡的土做第一次完全澆灌時，有少數苗盆會有排水不良的情形。有的內盆加水速度較快時，產生積水的現象，多餘的水分無法很快速的滴到外層的集水盆裡。4 月 20 日遇到下大雨時，有部分苗盆排水不良。所以這批育苗實驗苗盆的盆土提高培養土混田土中的培養土比例，鑽排水孔由原本的圖釘扎孔，改以手持電鑽鑽出約 3mm 直徑的孔洞。其餘裝置與小黃瓜育苗盆相同。

2. 總共設置 10 組育苗盆，配置完畢後，5 組插入 15cm 有葉子的地瓜扦插枝條，5 組插入 15cm 剪除葉子的地瓜扦插枝條。前四天擺放位置為走廊洗手台上，周休假日前加滿水位後，移到三樓天台上擺放。

圖四、實驗四毛細育苗盆扦插試驗照片紀錄

		
①4 月 21 日扦插實驗開始	②前四天的擺放位置	③4 月 23 日發現新芽長出

(二)結果：

1. 10 個育苗盆當中，第 3 天就可以觀察到新芽長出，或者莖節處長出根來，表示

扦插枝條已經開始成長。(圖四~③)

2. 將此批 10 個育苗盆區分成有葉的 5 個樣品和無葉的 5 個樣品，來計算平均水分散失量。結果如下表：

表四：自動給水育苗盆地瓜葉扦插育苗試驗苗盆水分散失量

	日照時間 (hr)	每盆每日平均耗水量(g)		平均溫度 (°C)	平均相對濕度 (%)
		有葉組 (5 盆)	無葉組 (5 盆)		
4 月 21 日	0	8.8	7.4	23.4	83.9
4 月 22 日	8.1	12.6	11.8	23.0	78.3
4 月 23 日	6.8	11.2	10.6	23.3	80.4
4/24~4/26 兩天一夜	8	36.9	28.4	24.0	81.4
4 月 27 日	8.9	58.0	38.0	25.2	77.0
4 月 28 日	6	57.8	36.6	26.3	77.1
4 月 29 日	9.9	65.4	44.8	26.9	77.2
4/29 白天	9.1	58.8	40.8	29.3	65.8
4/29 晚上	0.8	6.6	4.0	25.4	83.9
4 月 30 日	5.9	60.8	36.6	26.8	78.0

1. 扦插枝條有葉片組不管是放在走廊上或是天台上水分散失量均比無葉組來得高，這證明了植物的葉片量會提高水分的蒸散作用。此實驗結果和小黃瓜育苗實驗的結果相同。
2. 在特別炎熱的 4 月 29 日當天，我們在放學後離校前(下午 5:00)再次秤重，於是可將當天的苗盆水分散失量區分為白天和晚上的數據，結果發現有葉組的水分散失量不管是在白天或是夜晚，均比無葉組來得高。
3. 從 4 月 27 日到 5 月 1 日這一週，天氣酷熱，苗盆日耗水量可高達 65.4g，苗盆每天早上秤完種之後在外盆加滿水再次秤重。如果週休假日遇到像這樣的天氣，苗盆設計的儲水量恐怕會達到臨界點。

五、實驗五：自動給水育苗盆秋葵與櫻桃蘿蔔育苗試驗_分析不同儲水外盆對水分散失量的影響

(一)、實驗器材與步驟：

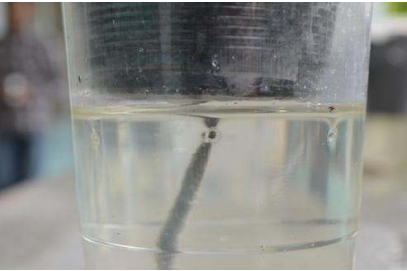
1. 育苗盆的改良與修正：

(1). 加大外盆排水孔的口徑：上一批的 10 個育苗盆經測試，發現即使以電鑽鑽出 3mm 的排水孔，苗盆在短時間有大量的水進入時，外盆的水位即使高過排水孔，水卻無法立刻被排除(圖五~①)。所以這批實驗，我們在 10 組秋葵育苗盆的外盆以美工刀割出邊長約 1cm 的三角形排水孔 5 個，在 8 組櫻桃蘿蔔的外盆以電鑽鑽出直徑約 8mm 的圓形排水孔 5 個。

(2). 加大外盆集水器容量：我們改以 700ml 的飲料杯取代原本的 500ml 飲料杯，來當作櫻桃蘿蔔育苗盆的外盆，如此一來，應可以增加超過 100g 的蓄水量，以幫助逐漸長大的幼苗度過酷熱的週休假期。

2. 總共設置 18 組育苗盆，10 組的容器為原先設計圖的大小，但是改變外盆排水孔的設計，每盆種植 3 顆秋葵種子。8 組將外盆集水容器改為 700ml 的大杯飲料杯，並加大排水孔的口徑，每盆種植 3 顆櫻桃蘿蔔種子。前兩天擺放位置為走廊洗手台上，週休假日前加滿水位後，移到三樓天台上擺放。

圖五、實驗五毛細育苗盆秋葵與櫻桃蘿蔔育苗試驗照片紀錄

		
①3mm 的排水孔仍無法立即排水。	②秋葵組的外盆排水孔改設計為邊長 1cm 的倒三角形。	③櫻桃蘿蔔組的外盆加大，排水孔改為直徑 8mm 的圓孔。
		
④4 月 27 日秋葵發芽	⑤4 月 27 日櫻桃蘿蔔發芽	⑥5 月 1 日秋葵移植到菜園

(二)結果：

1. 18 個育苗盆在 4 月 27 日全部成功發芽。
2. 苗盆的排水孔加大之後，不再出現排水不良問題，但是在搬動的過程中外盆的水卻容易灑出，這在操作實驗做秤重紀錄時，產生許多困擾，也可能會造成些許的實驗誤差。
3. 加大外盆的集水盆雖然可以加大儲水量，但因為整個苗盆的高度較高，重心比較不穩，搬運的過程很容易翻倒，所以我們決定購買育苗專用的穴盆來擺放育苗盆，這將大大降低打翻苗盆的機率。
4. 將此批 18 個育苗盆區分成秋葵 10 個樣品和櫻桃蘿蔔 8 個樣品，來計算平均水分散失量。結果如表五：

表五：自動給水育苗盆秋葵及櫻桃蘿蔔育苗試驗苗盆水分散失量

	日照時間 (hr)	每盆每日平均耗水量(g)		平均溫度 (°C)	平均相對濕度 (%)
		秋葵組 (10 盆)	櫻桃蘿蔔組 (8 盆)		
4 月 23 日	6.8	8.1	9.4	23.3	80.4
4/24~4/26 兩天一夜	8	105.3(66hr) 38.3(24hr)	104.9(66hr) 38.1(24hr)	24.0	81.4
4 月 27 日	8.9	51.7	48.3	25.2	77.0
4 月 28 日	6	39.0	44.9	26.3	77.1
4 月 29 日	9.9	48.8	51.0	26.9	77.2
4 月 30 日	5.9	42.0	40.3	26.8	78.0

1. 苗盆在晴朗的周休假日成功地獲得足夠的水分讓種子發芽了。
2. 苗盆的排水孔加大之後，不再出現排水不良問題，但是在搬動的過程中外盆的水卻容易灑出，可能會造成些許的實驗誤差。在秋葵組和櫻桃蘿蔔組之間看不出明顯的水分散失差異，這可說明加大外盆容量並不會改變育苗盆的水分散失量。

六、實驗六：向日葵育苗試驗_分析不同地點水分散失量與氣象因子間的關係

(一)、實驗器材與步驟：

1. 育苗盆的改良與修正：

(1). **外盆排水孔的設計**：改以電烙鐵槍燒融出直徑約 5mm 的排水孔，因排水孔邊緣較為平整，希望能降低表面張力的作用，以期增加排水性。另外，以電烙鐵槍鑽孔和以美工刀或手持電鑽鑽孔相較之下，較為容易且安全性較高。

(2). **使用 15 孔育苗用穴盆來放置育苗盆**：因實驗過程以塑膠籃裝載苗盆，偶而會因苗盆重心不穩或塑膠籃底部不平而導致苗盆翻倒，故採用 15 孔育苗用穴盆來擺放此批苗盆，以避免移動苗盆時打翻而影響實驗準確性。

2. 實驗設計：

總共設置 24 組育苗盆，區分為兩大組，每一大組設置 3 個對照實驗，不放入種子，另 9 盆則每盆種 3 顆向日葵種子。設置完畢後，其中一大組(走廊組)放在教室外走廊的洗手台上，等待發芽後再移上三樓天台；另一大組(天台組)則直接搬到三樓天台上。每天早上 8:00 和下午 5:00 以電子磅秤測重量並記錄。

3. 溫溼度記錄：

在育苗盆旁邊放置溫濕度計，在上學日從上午 8:00 到下午 5:00，每隔一個小時記錄苗盆旁的溫濕度。另外以電腦可查詢的 MSN 即時氣象報告，查詢學校所在地區的整點溫溼度，另外輔以中央氣象局嘉義氣象站所公布的整點氣象資訊，希望能整理出較具參考價值的苗盆水分散失預測。

4. 苗盆最大儲水量測試：

5 月 4 日星期一上午將苗盆充份澆水且外盆加水到滿水位測重，之後不再於外盆加水，繼續觀察幼苗生長情形，直到星期五上午再次測量苗盆重

量。此時苗盆中土壤水分非常少，但向日葵苗仍未出現枯萎現象，此時的苗盆重量稱為**苗盆最輕量**。測完之後由內盆盆土表面加水，加到外盆水位達排水孔位置，不能再容納額外水分為止(**苗盆最重量**)，將兩個數據相減，以測得育苗盆的**最大蓄水量**。

圖六~1、實驗六向日葵育苗試驗_不同地點水分散失量與氣象因子間的關係照片紀錄		
		
①走廊組的實驗設置	②天台組的實驗設置	③5月1日向日葵幼苗的樣貌(A為走廊組,B為天台組)
		
④5月4日向日葵幼苗的樣貌(走廊組)	⑤5月4日向日葵幼苗的樣貌(對照組及走廊和天台組)	⑥5月4日向日葵幼苗的樣貌(天台組)
		
⑦5月7日向日葵幼苗的樣貌(走廊組)	⑧5月7日向日葵幼苗的樣貌(對照組及走廊和天台組)	⑨5月7日向日葵幼苗的樣貌(天台組)

(二)結果：

1. 走廊組種子發芽速率及發芽率高於天台組：

在 18 個有放入向日葵種子的育苗盆當中，走廊組在 4 月 30 日 9 盆全部成功發芽，除了編號 A8 的育苗盆有一顆種子未發芽外，發芽率達 94.44%，5 月 1 日早

上 8:00 移到三樓天台；天台組的向日葵晚一天發芽(在 5 月 1 日全部發芽)，編號 B2,B4,B5,B7 四盆各有一顆種子未發芽，發芽率為 77.78%。

2. 走廊組發芽幼苗莖長度在前三天高於天台組，但後來無差別：

比較兩組發芽的向日葵，發現在陽光直射的天台上發芽的向日葵幼苗莖較短。(圖六~1~③)，但是再持續觀察數日，幼苗的莖長就沒有明顯的差別了。這項發現解決了我們在實驗三小黃瓜的育苗實驗中所遇到的問題。當時因為小黃瓜發芽速度太快，導致苗盆在走廊上過週休假日時小黃瓜種子就發芽了，在光照量不足的情況下，幼苗看似有徒長的情形，但當時並未設有直接放置天台的實驗組，所以無法比較兩者的差別。這次的實驗設計讓我們看到在走廊上和天台上不同環境下的幼苗發芽差別，雖一開始有些微的不同，但並不影響幼苗後續的發育。所以擺放在遮蔽環境下的苗盆會減少水分散失，加快發芽速度，提高發芽率。雖一開始幼苗看起來較不健壯，但只要一發芽就讓他們照光，並不影響後續的發育。

3. 苗盆水分散失量與溫濕度關係分析：

將此批 24 個育苗盆區分成：走廊組 9 個樣品、走廊對照組 3 個樣品、天台組 9 個樣品、天台對照組 3 個樣品，來計算平均水分散失量。另外我們將實測及電腦查詢及氣象局網站上的溫溼度氣象資訊一併整理於表格中，結果如表六~1。

4. 苗盆最大儲水量分析：

種植向日葵的毛細育苗盆最大含水量如表六~2 所示。

表六~1：向日葵育苗試驗_分析不同地點水分散失量與氣象因子間的關係

	日照時間 (hr)	每盆每日平均耗水量(g)				8:00~17:00 平均溫度 (°C)				8:00~17:00 平均相對濕 度(%)			
		走廊 組 (9 盆)	對照 組	天台 組 (9 盆)	對照 組	走廊	天台	學校 所在 鄉鎮	嘉義	走廊	天台	學校 所在 鄉鎮	嘉義
4 月 28 日	6	13.0	13.0	48.0	46.7	30.2	37.3	29.6	29.1	69.3	50.8	60.1	64.3
4 月 29 日	9.9	13.8	14.0	54.1	52.7	29.1	36.1	28.8	29.3	66.6	49.9	66.7	65.8
4 月 30 日	5.9	11.8	12.0	41.2	38.3	31.0	38.0	28.8	29.1	65.7	51.4	68.0	70.2
5 月 1 日	4	40.0	38.7	37.4	35.7	—	35.9	29.1	28.3	—	52.8	66.9	73.5
5 月 4 日	3.2	27.7	20.3	24.6	19.0	—	35.2	30.3	29.6	—	58.6	67.7	70.2
5 月 5 日	0	28.0	22.7	26.0	22.3	—	30.7	26.4	25.7	—	61.0	82	81.5

1. 由氣象因子的紀錄得知，走廊上的實測溫溼度和電腦上查詢到的訊息較為相近，但是天台上測得的溫溼度則有很大的差異。這解答了我們在實驗一和實驗二的疑問。我們在實驗一苗盆放在走廊上的水分散失實驗發現水分的散失量與氣象局查到的嘉義地區平均溫溼度有很高的關聯性，但是實驗二移到天台之後做了較長期的觀測，卻發現關聯性並不高。這次育苗的同時加上實際測量溫溼度，發現之前無法將天台上的水分散失量與氣象紀錄做關聯，原因乃是因為天台上實測的溫濕度和氣象局公布的資訊有太大的差異所導致。
2. 我們以天台組的 9 個樣品共六天的平均水分散失量，加上走廊組的前三天記錄，一共有 9 個資料點，分別對實際測出的氣溫和相對溼度進行資料的線性迴歸分析，結果如下圖六~2、圖六~3 所示。水分散失量與氣溫的高低為正相關，氣溫越高，水分散失越多，相關係數為 0.7397。水分散失量與相對濕度的高低為負相關，相對濕度越高，則水分散失量越少，相關係數為 0.9291。由此可證明，空氣中的相對濕度，對育苗盆的水分散失量有較決定性的影響。

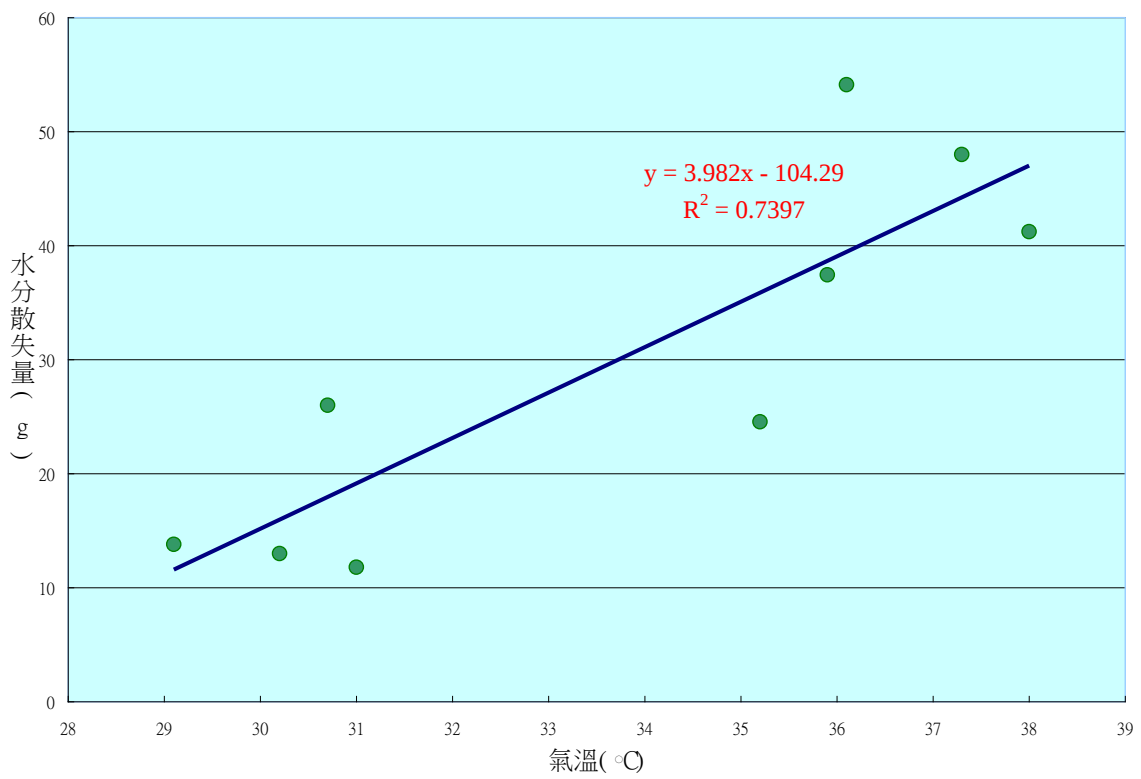
表六~2：向日葵育苗試驗_苗盆最大儲水量

單位：g

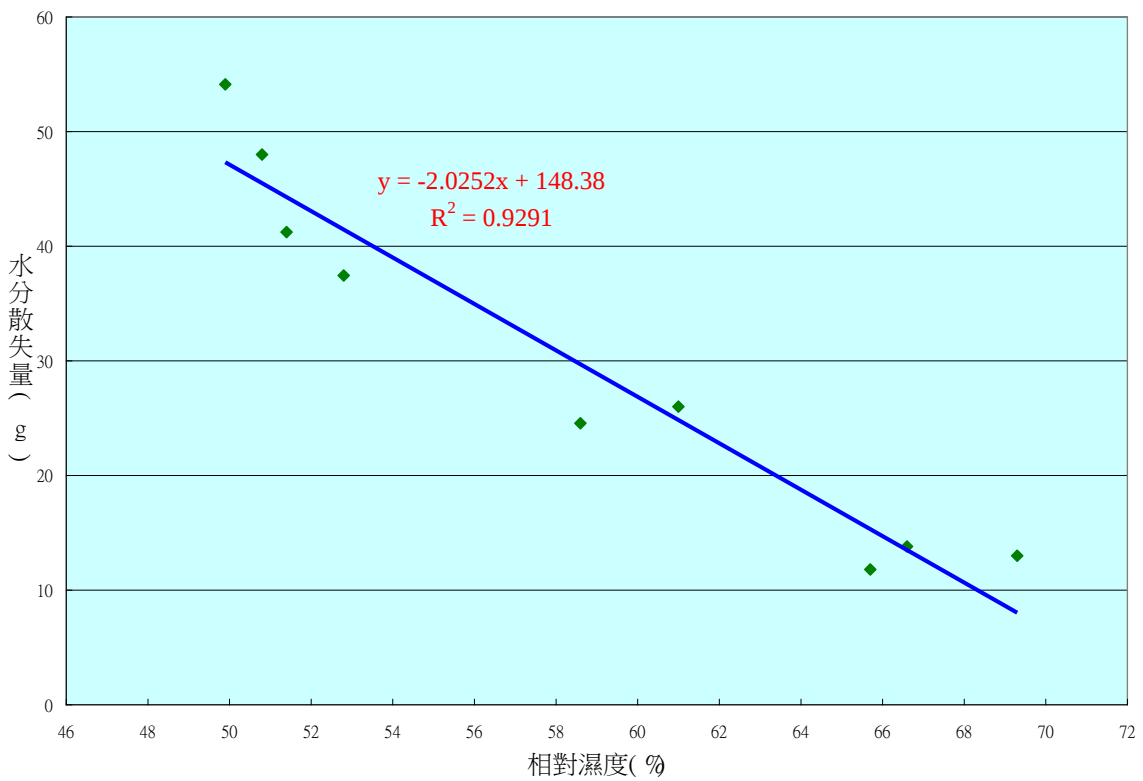
	走廊組	天台組
最輕重量	174~228(平均：197.9)	192~242(平均：215.7)
最重重量	381~420(平均：404.1)	382~432(平均：399.2)
苗盆最大蓄水量	189~214(平均：206.2)	160~211(平均：183.5)

1. 天台組因為向日葵幼苗數量較少，故整體的水分散失速度比走廊組略低，因此在進行苗盆最大水分散失量的紀錄時，天台組的苗盆土中還有較多的含水量，故測得的最大蓄水量會比走廊組的略低。
2. 我們五批的育苗試驗中所測出的苗盆單日平均最大耗水量為 65g，如果以苗盆可支撐幼苗生長的總儲水量來換算，苗盆至少可以在天台上支撐三天不用澆水。

圖六~1：實驗六育苗盆水分散失量與氣溫間的關係

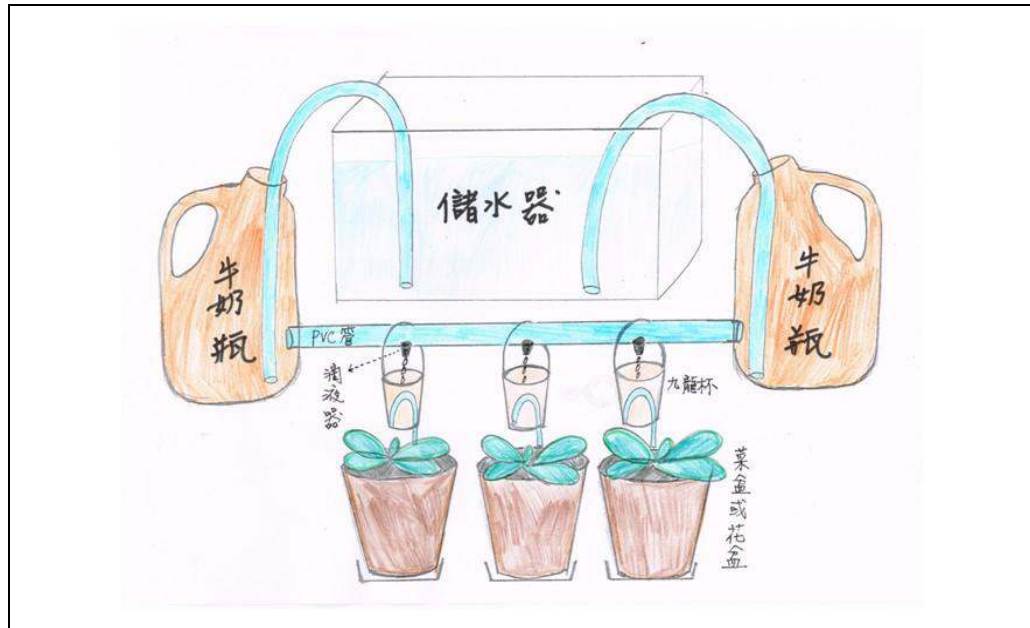


圖六~2：實驗六育苗盆水分散失量與相對濕度間的關係



七、菜園自動澆水器設計：

(一)、第一代自動澆水器設計：



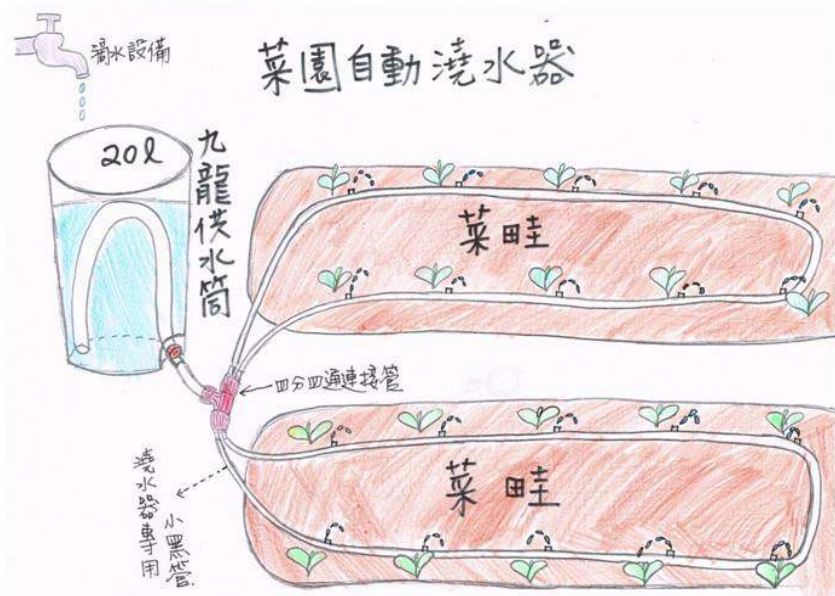
1. **設計原理**：利用鑽洞鎖上滴液器的 PVC 水管，用熱溶膠黏合連接兩個供水的牛奶空瓶，調整滴液器的流量，使盆栽上方吊掛的九龍杯能夠在一段時間集滿超過彎管上緣的水量後，開始澆水。
2. **實際操作**：根據設計圖開始組裝設備時，發現黏在牛奶瓶上的 PVC 管很難黏得十分牢靠。如果還要掛上個別的九龍澆水杯，恐怕難以支撐。所以後來改良如下成品。



PVC 水管上連接三通管，末端再接上可調式滴液器，可調整滴水的速度。

3. **缺點**：連接的零件過多，供水瓶的黏合困難。如果真要用在菜園，需要在菜園的前後兩端架上供水空桶並以 PVC 管連接，還要注意水平的擺設恐怕不易操作。

(二)、第二代自動澆水器設計：

	
利用閒置不用的 20 公升廚餘發酵桶來當九龍供水筒。	出水口連接四分軟水管，並連接四分四通管及小黑管。
	
水桶出水口有鎖水開關，萬一下雨天就可鎖上，停止供水。	四分四通管近照。

設計原理：利用廢棄不用的 20 公升廚餘堆肥桶改裝成巨大的九龍杯，以儲水器接上可調式滴液器，調整滴水的速度，讓九龍供水筒能夠在一段時間集滿超過

彎管上緣的水量後，開始澆水。

實際操作：根據設計圖組裝微型澆水設備來測試，如下圖：



缺點：第一次加水，水位超過九龍杯彎管時，很順利的啟動澆水設備，但是每個出水孔的水流量不同。我們可以調整出水孔的水平位置，並鎖上出水孔的上蓋調整出水量，就可以控制出水不平均的情形。但第二次加水時，發現水位還沒達到九龍杯的彎管時，水就開始流出了，我們改以相同尺寸的透明水管測試，發現因毛細現象，水管裡有殘存的水，導致水會提前排出。

調整：菜園中使用的九龍杯內彎管，將以四分管來取代小黑管，相信這樣就可以解決毛細現象造成的出水不穩定的問題。

伍、研究結果

一、**毛細育苗盆**：我們成功的利用毛細現象搭配班上資源回收箱裡每天都會出現的早餐飲料杯，和老舊拖把所脫落的棉繩，設計出能夠持續保濕的「毛細育苗盆」。

二、**育苗盆設計的修正與改良**：經過數批實驗不斷的修正改良，我們的育苗盆排水良好，500ml 苗盆蓄水量可達 200g 左右，700ml 苗盆蓄水量更可高達 400 左右，即使在天氣炎熱的週休假日，放在頂樓天台上的菜苗也能夠享受源源不絕的水分供給。「蔬」可活，我們放假也就放得十分自在。

三、**育苗盆水分散失量與氣候因子間的關係**：我們經實驗數據分析，發現水分散失量與氣溫的高低為正相關——氣溫越高，水分散失越多，相關係數為 0.7397。水分散失量與相對濕度的高低為負相關——相對濕度越高，則水分散失量越少，相關係數為 0.9291。由此可證明，空氣中的相對濕度，對育苗盆的水分散失量有較決定性的影響。

四、**菜園自動澆水器**：利用九龍杯虹吸原理設計菜園自動澆水器，目前還在設計及試驗階段。九龍杯可在每次啟動虹吸作用時供給蔬菜定量的水，而儲水槽的設計，則讓有機菜園能夠有機會利用雨水撲滿來澆灌，更為廚房洗菜洗米水的回收再利用提供了一個方便可行的方案。

陸、 討論

處於 e 世代的我們，很習慣從網路上來尋找各種問題的解答。有的解答甚至都拍成影片了，很容易就讓我們信以為真。以這次科展的自動澆水器為例，網路上五花八門的方法，直到我們真正動手去試過了，才發現問題重重。例如有的自動澆水器非常簡單，只要一個寶特瓶裝水扎兩個小洞倒插在盆栽的泥土裡，好像就能幫忙出遠門的主人解決澆水的問題，直到我們動手去試，才發現原來一瓶水只花不到一節下課的十分鐘時間就會漏光了。我們從開始設計育苗盆到進行數次的育苗試驗，發現許多我們原先沒有料想到的問題，我們也在不斷尋求解決方法的過程中，體驗到科學研究的無邊魅力。

柒、 結論

今天又是星期五了，天台上還有最後一批的菜苗和向日葵苗。明後天會是高溫炎熱又晴朗的天氣，但是我們一點都不擔心，只要放學前幫苗盆加滿水，保證「源源不絕，『蔬』活自在」。我們可以安心放假去囉！

捌、參考資料

- 一、國小三下自然與生活科技：第一單元－蔬菜的成長，南一文教事業，第 4-21 頁，中華民國一〇二年。
- 二、國小四下自然與生活科技：第二單元－水的移動，南一文教事業，第 20-37 頁，中華民國一〇三年。
- 三、中華民國第四十三屆台北縣中小學科學展覽作品說明書：讓水均衡一下：定時定量自動灑水器，中華民國九十二年。
- 四、中華民國第四十三屆台北市中小學科學展覽作品說明書：盆栽妙管家--自動澆水器，中華民國九十二年。
- 五、自製自動澆花器 出差在外不用愁(2013 年 5 月 12 日) YouTube 取自：
<https://www.youtube.com/watch?v=iMPyfOSFv4E&list=PLRtgmpU5y-xYiFvWm11pYazvKsI9pcNXY&index=6>
- 六、How to make your own self-watering planter ? (2012 年 9 月 12 日)YouTube 取自：
<https://www.youtube.com/watch?v=b2U17-QOI1w&index=5&list=PLRtgmpU5y-xYiFvWm11pYazvKsI9pcNXY>
- 七、DIY 定時自動澆水器(2011 年 8 月 21 日)批踢踢實業坊，看板 Plant 取自：
<https://www.ptt.cc/bbs/Plant/M.1313922695.A.82D.html>

【評語】 080825

本作品利用毛細現象，搭配回收的飲料杯及棉繩，設計出能夠持續保濕的「毛細育苗盆」，使試種的種子順利發芽，團隊發揮共同研究之精神，有了很好的研究開始，希望再努力發掘問題，研發出更實用具創新之新作品。