中華民國第 52 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

第三名

080810

神奇小吸管－生活好幫手

學校名稱：桃園縣大園鄉溪海國民小學

作者：	指導老師：
小六 王振宇	徐志宇
小六 許雅淳	鄒嵐
小六 鄒年城	
小六 王育臻	

關鍵詞：毛細現象、澆水、盆栽

神奇小吸管生活好幫手---毛細現象在盆栽澆灌的應用

摘要

室內植栽淨化空氣的功效已得到證實，在植栽照顧上卻令人感到灰心，光澆水就會造成不少困擾，本實驗探討利用毛細現象自盆底吸水供應植栽生長的可能性，本實驗的結論有幾點：(1) 在小花盆底部直接開孔吸水會造成砂土含水量過高。(2) 使用「聚酯纖維棒」輔助可加速吸水及增加含水量。(3) 調整花盆離水面高度再利用聚酯纖維棒，可設計出適合各種植物的免澆水花盆。

壹、研究動機

居家生活環境裡種植盆栽植物不止能綠美化生活環境，植物行光合作用造氧的能力也能使空氣清新，去除空氣中的有害物質，然而為盆栽澆水卻是件費時費力又麻煩的差事，為了讓植栽生長繁茂而須適時適量澆水，常一不小心就把桌面地面澆溼，偶然發現花盆下常有水盤，澆水時能把盆栽多餘的水接住，農村田間利用畦溝灌溉，讓水由土壤吸收，如果花盆能將接在水盤的水吸回去，就不用從上而下澆水，桌面就不用「溼」了。



圖 1 玉米田畦

貳、研究目的：

一、研究花盆裡不同砂土與盆底吸水速度、吸水量的關係。
二、研究花盆底開口大小與吸水速度、吸水量的關係。
三、研究花盆底開口大小與吸水速度、吸水量的關係二。
四、研究花盆增加輔助材質（聚酯纖維棒）與吸水速度、吸水量的關係。
五、研究使用聚酯纖維棒時高度對吸水速度與吸水量的關係。
六、測量砂土孔隙空氣體積。
七、測量培養土原含水量。
八、研究免澆水花盆注滿水時的排水情況。
九、研究聚酯纖維棒與粗棉繩吸水時，吸水材不同高度含水量分布。
十、研究使用不同長度聚酯纖維棒與粗棉繩輔助吸水時，不同砂土的含水量。

參、研究設備及器材

電子秤、飲料杯、粗砂、細砂、培養土、
水盆、聚酯纖維棒、粗棉繩、不織布、直尺
保麗龍膠、烤箱



圖 2 實驗器材

肆、研究過程及方法

一、共同準備項目及變因：
（一）使用兩種大小的飲料杯當作花盆實驗。
（二）砂土量加至飲料杯上緣折線高度再取相近整數克數。

（三）砂子取自學校砂坑再以篩子區分粗中細砂，培養土取自五年級自然實驗材料包。

（四）以粗棉繩與雄獅文具提供的聚酯纖維棒作為輔助吸水材料，全長 8.0cm，截半長度 4.0cm，作為實驗三之長短聚酯纖維棒。

（五）秤重器材為最小單位 0.1g、最大秤重 3kg 的電子秤。

（六）測量時間為 0 分、5 分、10 分、15 分、20 分、25 分、30 分……1 天、2 天，一天與二天的數據可作為砂土吸水上限之參考。

（七）實驗二、三、四為避免砂土自杯底漏出，開孔處以保麗龍膠黏貼不織布。

實驗組別	實驗內容	控制變因	操縱變因
實驗一	研究花盆裡不同砂土與盆底吸水能力的關係	花盆底部開口大小、花盆種類、砂土量	花盆內裝砂土種類
實驗二	研究花盆底開口大小與吸水能力的關係	砂土種類、砂土量、砂土種類、花盆種類	花盆底部開口大小
實驗三	研究花盆底開口大小與吸水能力的關係二	砂土種類、砂土量、砂土種類、花盆種類	花盆底部開口大小
實驗四	研究花盆增加輔助材質(聚酯纖維棒）與吸水力的關係	花盆底部開口大小、花盆種類、砂土種類、砂土量	有無增加聚酯纖維棒及聚酯纖維棒長短
實驗五	研究使用聚酯纖維棒時高度對吸水速度與吸水量的關係	花盆種類、砂土種類、砂土量	花盆底部與水面高度差、聚酯纖維棒開口在砂土中的高度
測量一	測量砂土孔隙空氣體積	花盆種類、砂土量	砂土種類
測量二	測量溼潤培養土含水量	培養土量	
實驗六	研究免澆水花盆注滿水時的排水情況	花盆種類、砂土量、花盆高度	砂土種類
		花盆種類、砂土量、砂土種類	花盆高度
實驗七	研究聚酯纖維棒與粗棉繩吸水時,吸水材不同高度含水量分布	花盆種類、砂土種類、砂土量	花盆底部與水面高度差、聚酯纖維棒開口在砂土中的高度
實驗八	研究使用不同長度聚酯纖維棒與粗棉繩輔助吸水時,不同砂土的含水量	花盆種類、砂土種類、砂土量	花盆底部與水面高度差
		花盆種類、砂土量、花盆底部與水面高度差	砂土種類

表 1 實驗內容變因表

二、實驗一：研究花盆裡不同砂土與盆底吸水速度、吸水量的關係

（一）說明：我們以三種砂土作為操縱變因，分「大杯組」、「小杯組」做實驗。

（二）操作：分成二組做實驗，分別是「大杯組」、「小杯組」，每組有三種砂土，共六杯，每 5 分鐘測重一次，測量時間為 0 分、5 分、10 分、15 分、20 分、25 分、30 分，1 天，共八次。

三、實驗二：研究花盆底開口大小與吸水速度、吸水量的關係。

（一）說明：為方便比較盆底開孔截面積關係，以聚酯纖維棒直徑（0.8cm）為準開孔，分別開一孔、二孔、三孔，使用兩種砂土作實驗「細砂組」、「培養土組」。

（二）操作：分成二組做實驗，分別是「細砂組」、「培養土組」，每組有三種開孔數（一孔、二孔、三孔），共六杯，每 5 分鐘測重一次，測量時間為 0 分、5 分、10 分、15 分、20 分、25 分、30 分，1 天，共 8 次。

四、實驗三：研究花盆底開口大小與吸水速度、吸水量的關係二。

（一）說明：實驗二結果未能分辨出開孔數與吸水速度的關係，應該是孔洞過大，快過砂土吸水速度，為比較盆底開孔截面積與吸水速度關係，修改實驗二方式，以 3.0mm 鑽尾開孔，分別開一小孔、二小孔、三小孔，使用兩種砂土作實驗「細砂組」、「培養土組」。

（二）操作：分成二組做實驗，分別是「細砂組」、「培養土組」，每組有三種開孔數（一小孔、二小孔、三小孔，與實驗二的「一孔、二孔、三孔」分別），共六杯，每 5 分鐘測重一次，測量時間為 0 分、5 分、10 分、15 分、20 分、25 分、30 分、35 分、40 分，1 天，共 10 次。

五、實驗四：研究花盆增加輔助材質（聚酯纖維棒）與吸水速度、吸水量的關係。

（一）說明：分成二組做實驗，分別是「細砂組」、「培養土組」，每組有「不加聚酯纖維棒」、加「短聚酯纖維棒（4cm）」、加「長聚酯纖維棒（8cm）」三杯。

（二）操作：分成二組做實驗，分別是「細砂組」、「培養土組」，每組有三杯，共六杯，每 5 分鐘測重一次，測量時間為 0 分、5 分、10 分、15 分、20 分、25 分、30 分，1 天，共八次。

六、實驗五：研究使用聚酯纖維棒時高度對吸水速度與吸水量的關係

（一）說明：以小飲料杯為容器**如圖 3**，分別裝入細砂至折線高度（480g），設計 1 與設計 3 聚酯纖維棒開口皆在盆底（盆底高度 8cm、5.5cm），設計 2 與設計 3 盆底高度相同（5.5cm），設計 2 聚酯纖維棒開口高於盆底 2.5cm。

（二）操作：每 5 分鐘測重一次，測量時間為 0 分、5 分、10 分、15 分、20 分、25 分、30 分，1 天，共八次。



圖 3 實驗五 研究高度對吸水速度與吸水量的關係 三種不同設計

七、測量一：測量砂土孔隙空氣體積

（一）說明：以小飲料杯為容器，分別裝入三種砂土及水至折線高度（細砂 480g）（粗砂 400g）（培養土 190g）（水 360g）。

（二）操作：將水倒入裝有三種砂土的杯中，水面高度加至折線高度，搖晃使氣泡逸出再加水至折線高，分別測量總重。



圖 4 測量一 測量砂土孔隙空氣體積 水面高度加至折線高度

八、測量二：測量溼潤培養土含水量

（一）說明：取 190g 培養土，以烘乾法測量。

（二）操作：取 190g 溼潤培養土平鋪在烤盤上秤重，以烤箱烘烤 2 小時取出再秤重。

九、實驗六：研究免澆水花盆注滿水時的排水情況

（一）說明：免澆水花盆分別裝入三種砂土，加水後測量免澆水花盆排水情況。

（二）操作：三個免澆水花盆（盆底 5.5cm 高）分別裝入三種砂土（細砂 480g）（粗砂 400g）（培養土 190g）。如「測量一」，加水至折線高度，搖晃使氣泡逸出再加水至折線高度，分別測量總重，測重前須更換乾燥的外杯，避免自底部排出的水重影響測重，每 5 分鐘測重一次，測量時間至 60 分鐘，滿 1 天再測量一次，共 14 次。

十、實驗七：研究聚酯纖維棒與粗棉繩吸水時，吸水材不同高度含水量分布

（一）說明：將粗棉繩和聚酯纖維棒固定在長尺上，底端置於盛有紅墨水的塑膠杯中。

（二）操作：每 1 分鐘測量吸水材上紅墨水高度一次（棉繩表面無法測量紅墨水高度），測量至 20 分鐘之後每滿 1 小時測量一次，實驗時間共 10 小時，最後剪下底部 40cm，先測量粗棉繩和聚酯纖維棒重量，再依次截成二等分、四等分、八等分，並分別秤重。



圖 5 實驗七 聚酯纖維棒與粗棉繩吸收紅墨汁分別剪成八段



圖 6 實驗七 聚酯纖維棒與粗棉繩吸紅墨汁情況

十一、實驗八：研究使用不同長度聚酯纖維棒與粗棉繩輔助吸水時，不同砂土的含水量

（一）說明：以小飲料杯為容器，分別裝入四種砂土及水至折線高度（細砂 480g）（中砂 450g）（粗砂 400g）（培養土 190g），輔助吸水材長度分別為 5cm、10cm、15cm。

（二）操作：每 5 分鐘測重一次，測量時間為 0 分、5 分、10 分、15 分、20 分、25 分、30 分、35 分、40 分、1 天、2 天，共 11 次。



圖 7 實驗八　10cm 聚酯纖維棒與粗棉繩輔助吸水

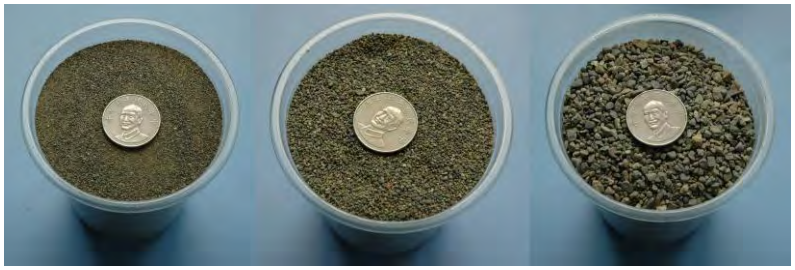


圖 8　寶驗 8　實驗使用的三種粗細砂子



圖 9　實驗 8　聚酯纖維棒與粗棉繩輔助吸水實驗

伍、研究結果

一、實驗一：研究花盆裡不同砂土與盆底吸水速度、吸水量的關係

時間	大杯、細砂	大杯、粗砂	大杯、培養土
0 分	780.0	660.0	280.0
5 分	810.3	679.0	287.9
10 分	836.8	688.4	292.1
15 分	847.5	695.5	296.7
20 分	855.1	700.2	300.3
25 分	857.8	701.7	301.6
30 分	859.3	702.6	303.4
1 天	**868.7**	**707.8**	**313.2**

表 2 實驗一 「大杯組」不同砂土與盆底吸水速度、吸水量的關係原始數據，單位公克

時間	小杯、細砂	小杯、粗砂	小杯、培養土
0 分	480.0	400.0	190.0
5 分	504.6	413.6	198.2
10 分	522.6	418.7	202.8
15 分	526.1	423.1	205.0
20 分	529.7	425.8	206.3
25 分	530.1	426.4	207.6
30 分	530.5	426.8	208.8
1 天	**534.3**	**429.2**	**213.2**

表 3 實驗一 「小杯組」不同砂土與盆底吸水速度、吸水量的關係原始數據，單位公克

時間	大杯、細砂	大杯、粗砂	大杯、培養土
0 分	0.0	0.0	0.0
5 分	30.3	19.0	7.9.0
10 分	56.8	28.4	12.1
15 分	67.5	35.5	16.7
20 分	75.1	40.2	20.3
25 分	77.8	41.7	21.6
30 分	79.3	42.6	23.4
1 天	**81.7**	**46.8**	**32.2**

表 4 實驗一 「大杯組」不同砂土與盆底吸水速度、吸水量的關係「原始數據-初始數據」，單位公克

時間	小杯、細砂	小杯、粗砂	小杯、培養土
0 分	0.0	0.0	0.0
5 分	24.6	13.6	8.2
10 分	42.6	18.7	12.8
15 分	46.1	23.1	15.0
20 分	49.7	25.8	16.3
25 分	50.1	26.4	17.6
30 分	50.5	26.8	18.8
1 天	**54.3**	**29.2**	**23.2**

表 5 實驗一 「小杯組」不同砂土與盆底吸水速度、吸水量的關係「原始數據-起始重量」，單位公克

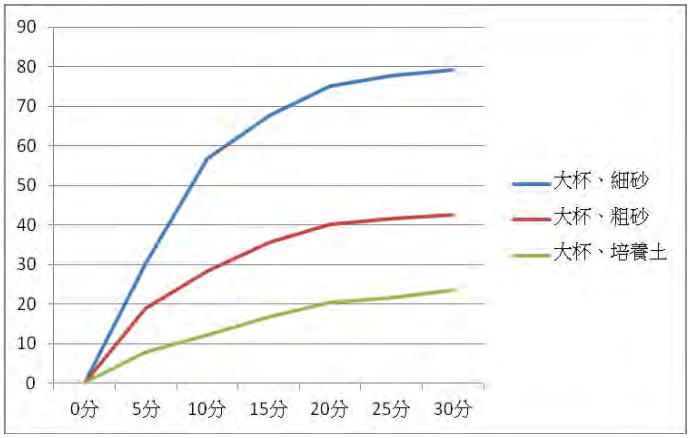


圖 10 實驗一 「大杯組」不同砂土與盆底吸水速度、吸水量的關係「原始數據-初始數據」，單位公克

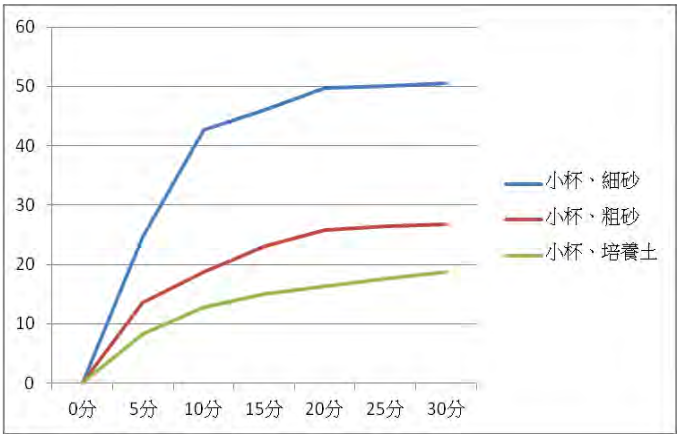


圖 11 實驗一 「小杯組」不同砂土與盆底吸水速度、吸水量的關係「原始數據-起始重量」，單位公克

二、實驗二：研究花盆底開口大小與吸水速度、吸水量的關係

時間	小杯、細砂、一孔	小杯、細砂、二孔	小杯、細砂、三孔
0 分	480.0	480.0	480.0
5 分	502.6	505.8	511.1
10 分	528.0	529.8	529.2
15 分	529.7	530.0	530.1
20 分	529.5	530.3	530.0
25 分	530.3	530.4	529.8
30 分	530.6	530.0	532.1
1 天	**535.2**	**535.3**	**535.6**

表 6 實驗二「細砂組」研究花盆底開口大小與吸水速度、吸水量的關係原始數據，單位公克

時間	小杯、培養土、一孔	小杯、培養土、二孔	小杯、培養土、三孔
0 分	190.0	190.0	190.0
5 分	198.9	199.3	200.1
10 分	203.1	204.0	204.3
15 分	205.0	204.8	205.7
20 分	205.7	205.9	206.1
25 分	207.6	207.8	208.0
30 分	208.7	208.9	209.1
1 天	**213.5**	**213.8**	**213.8**

表 7 實驗二 「培養土組」研究花盆底開口大小與吸水速度、吸水量的關係原始數據，單位公克

時間	小杯、細砂、一孔	小杯、細砂、二孔	小杯、細砂、三孔
0 分	0.0	0.0	0.0
5 分	22.6	25.8	31.1
10 分	48.0	49.8	49.2
15 分	49.7	50.0	50.1
20 分	49.5	50.3	50.0
25 分	50.3	50.4	49.8
30 分	50.6	50.0	52.1
1 天	**55.2**	**55.3**	**55.6**

表 8 實驗二「細砂組」研究花盆底開口大小與吸水速度、吸水量的關係「原始數據-起始重量」，單位公克

時間	小杯、培養土、一孔	小杯、培養土、二孔	小杯、培養土、三孔
0 分	0.0	0.0	0.0
5 分	8.9	9.3	10.1
10 分	13.1	14.0	14.3
15 分	15.0	14.8	15.7
20 分	15.7	15.9	16.1
25 分	17.6	17.8	18.0
30 分	18.7	18.9	19.1
1 天	**23.5**	**23.8**	**23.8**

表 9 實驗二 「培養土組」研究花盆底開口大小與吸水速度、吸水量的關係「原始數據-起始重量」，單位公克

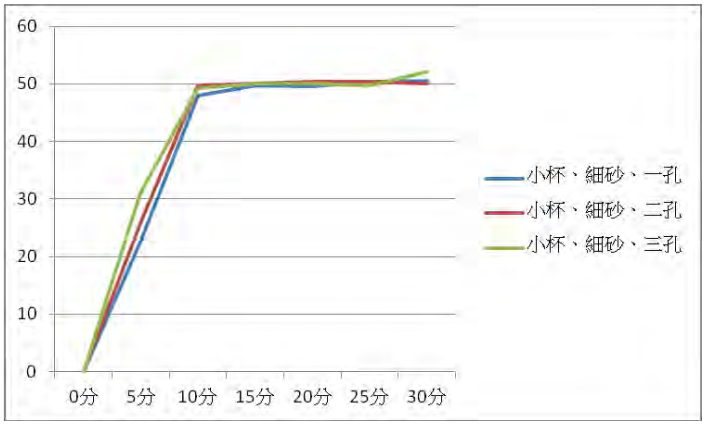


圖 12 實驗二 「細砂組」研究花盆底開口大小與吸水速度、吸水量的關係「原始數據-起始重量」，單位公克

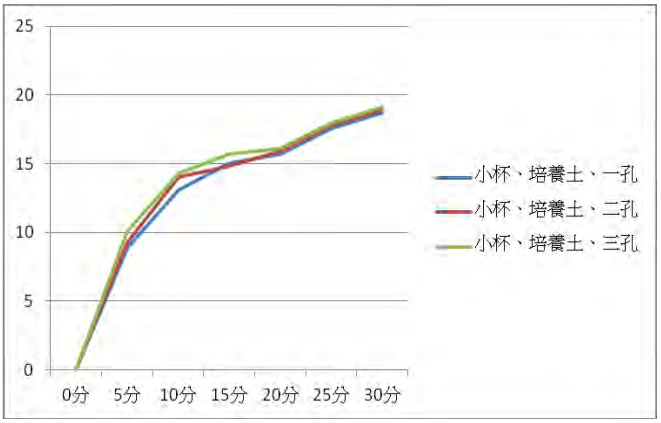


圖 13 實驗二 「培養土組」研究花盆底開口大小與吸水速度、吸水量的關係「原始數據-起始重量」，單位公克

三、實驗三：研究花盆底開口大小與吸水速度、吸水量的關係二

時間	小杯、細砂、一小孔	小杯、細砂、二小孔	小杯、細砂、三小孔
0 分	0.0	0.0	0.0
5 分	9.1	14.2	18.4
10 分	14.0	21.4	25.4
15 分	17.8	25.4	29.7
20 分	21.4	28.6	33.9
25 分	23.8	30.7	37.3
30 分	26.1	32.6	39.7
35 分	28.2	34.6	41.6
40 分	30.1	36.1	43.5
1 天	**56.4**	**55.8**	**55.9**

表 10　實驗三 「細砂組」研究花盆底開口大小與吸水速度、吸水量的關係「原始數據-起始重量」，單位公克

時間	小杯、培養土、一小孔	小杯、培養土、二小孔	小杯、培養土、三小孔
0 分	0.0	0.0	0.0
5 分	3.1	4.2	4.9
10 分	5.1	6.3	7.0
15 分	6.2	7.5	8.4
20 分	7.0	8.3	9.2
25 分	7.9	9.0	9.9
30 分	8.6	9.7	10.5
35 分	9.3	10.2	11
40 分	9.8	10.7	11.4
1 天	**21.5**	**21.6**	**22.1**

表 11　實驗三 「培養土組」研究花盆底開口大小與吸水速度、吸水量的關係「原始數據-起始重量」，單位公克

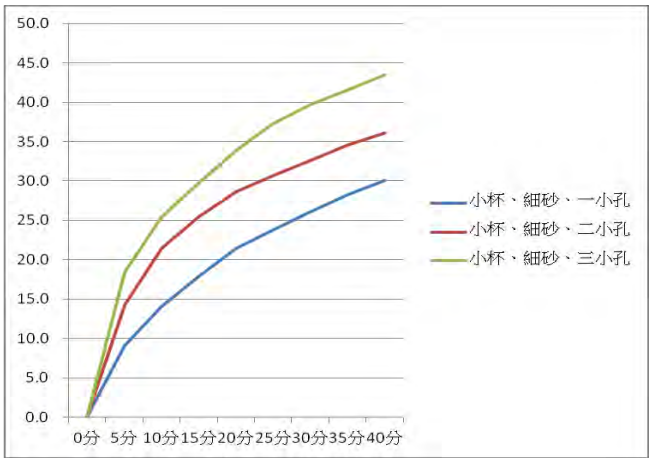


圖 14　實驗三 「細砂組」研究花盆底開口大小與吸水速度、吸水量的關係「原始數據-起始重量」，單位公克

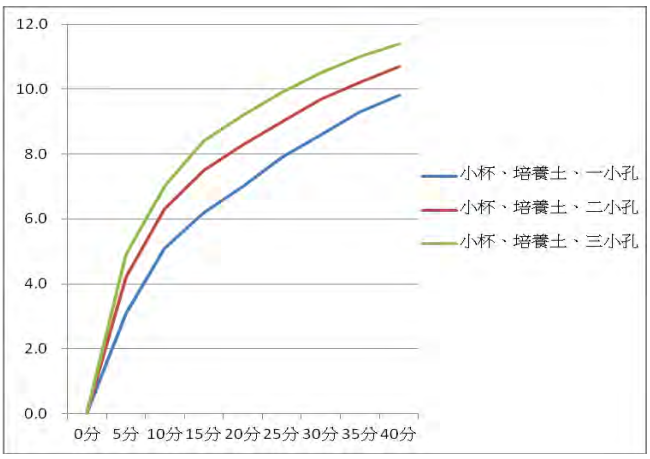


圖 15　實驗三 「培養土組」研究花盆底開口大小與吸水速度、吸水量的關係「原始數據-起始重量」，單位公克

四、實驗四：研究花盆增加輔助材質（聚酯纖維棒）與吸水速度、吸水量的關係

時間	小杯、布、細砂	小杯、布+短棒、細砂	小杯、布+棒、細砂
0 分	480.0	480.0	480.0
5 分	502.9	497.4	495.5
10 分	523.2	522.6	519.3
15 分	529.3	532.4	530.6
20 分	530.1	537.9	537.4
25 分	532.0	538.0	539.7
30 分	532.5	540.3	542.3
1 天	**533.8**	**538.2**	**540.3**

表 12 實驗四 「細砂組」研究花盆增加輔助材質（聚酯纖維棒）與吸水速度、吸水量的關係原始數據，單位公克

時間	小杯、培養土	小杯、短棒、培養土	小杯、長棒、培養土
0 分	190.0	190.0	190.0
5 分	198.7	196.9	197.0
10 分	202.9	200.8	201.8
15 分	204.8	204.3	205.6
20 分	206.1	207.0	209.4
25 分	207.5	208.9	211.7
30 分	208.4	211.2	213.2
1 天	**214.3**	**220.9**	**224.1**

表 13 實驗四 「培養土組」研究花盆增加輔助材質（聚酯纖維棒）與吸水速度、吸水量的關係原始數據，單位公克。

時間	小杯、細砂	小杯、短棒、細砂	小杯、長棒、細砂
0 分	0.0	0.0	0.0
5 分	22.9	17.4	15.5
10 分	43.2	42.6	39.3
15 分	49.3	52.4	50.6
20 分	50.1	57.9	57.4
25 分	52.0	58.0	59.7
30 分	52.5	60.3	61.1
1 天	**53.8**	**59.7**	**60.3**

表 14 實驗四 「細砂組」研究花盆增加輔助材質（聚酯纖維棒）與吸水速度、吸水量的關係「原始數據-起始重量」，單位公克

時間	小杯、布、培養土	小杯、布+短棒、培養土	小杯、布+棒、培養土
0 分	0.0	0.0	0.0
5 分	8.7	6.9	7.0
10 分	12.9	10.8	11.8
15 分	14.8	14.3	15.6
20 分	16.1	17.0	19.4
25 分	17.5	18.9	21.7
30 分	18.4	21.2	23.2
1 天	**24.3**	**30.9**	**34.1**

表 15 實驗四 「培養土組」研究花盆增加輔助材質（聚酯纖維棒）與吸水速度、吸水量的關係「原始數據-起始重量」，單位公克

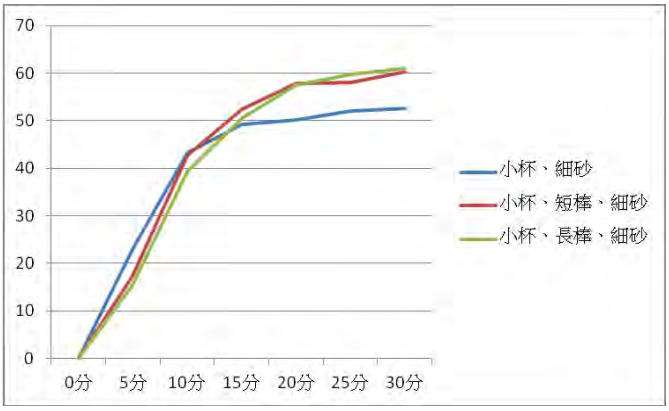


圖 16 實驗四 「細砂組」研究花盆增加輔助材質（聚酯纖維棒）與吸水速度、吸水量的關係「原始數據-起始重量」，單位公克

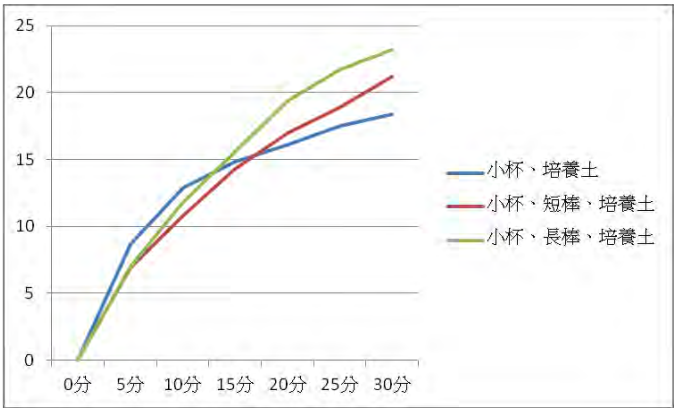


圖 17 實驗四 「培養土組」研究花盆增加輔助材質（聚酯纖維棒）與吸水速度、吸水量的關係「原始數據-起始重量」，單位公克

五、實驗五：研究使用聚酯纖維棒時高度對吸水速度與吸水量的關係

時間	設計 1	設計 2	設計 3
0 分	490.0	490.0	490.0
5 分	497.2	502.3	507.8
10 分	503.4	513.4	518.7
15 分	510.2	522.3	525.4
20 分	514.9	528.4	531.1
25 分	518.8	534.6	534.6
30 分	523.6	537.4	536.8
1 天	**538.7**	**550.5**	**546.8**

表 16 實驗五 研究使用聚酯纖維棒時高度對吸水速度與吸水量的關係，原始數據單位公克

時間	設計 1	設計 2	設計 3
0 分	0.0	0.0	0.0
5 分	7.2	12.3	17.8
10 分	13.4	23.4	28.7
15 分	20.2	32.3	35.4
20 分	24.9	38.4	41.1
25 分	28.8	44.6	44.6
30 分	33.6	47.4	46.8
1 天	**48.7**	**60.5**	**56.8**

表 17 實驗五 研究使用聚酯纖維棒高度對吸水速度與吸水量的關係，「原始數據－開始重量」單位公克

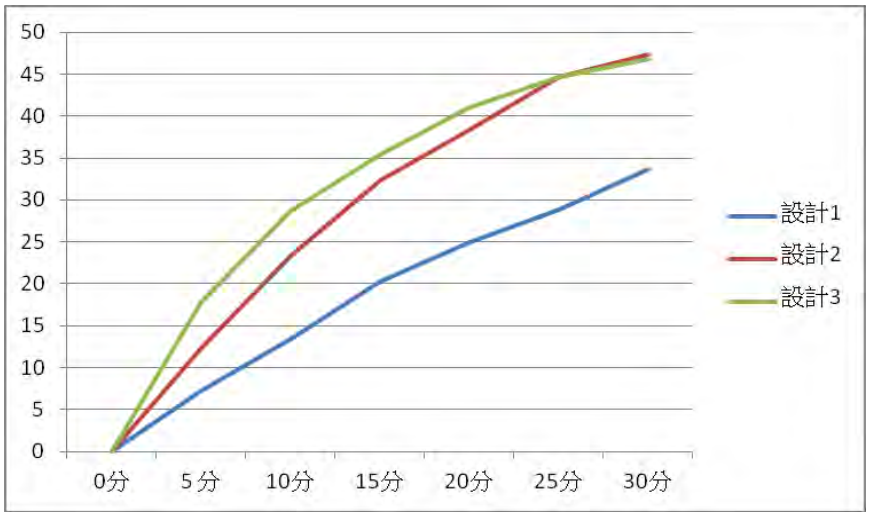


圖 18 實驗五 研究使用聚酯纖維棒時高度對吸水速度與吸水量的關係「原始數據－開始重量」，單位公克。

六、測量一：測量砂土孔隙空氣體積

	粗砂	細砂	培養土	水
杯重	5.5	5.5	5.5	5.5
加水前	400.0	480.0	190.0	362.7
加水後	521.5	586.3	360.2	362.7
孔隙體積	121.5	106.3	170.2	0
孔隙比例	33.9%	29.7%	47.6%	0%

表 18 測量一 測量砂土孔隙空氣體積，單位公克（以水密度 1g/cm^3）換算孔隙體積 cm^3

七、測量二：測量溼潤培養土含水量

塑膠杯重	A.原培養土溼重	B.烘烤後乾重	蒸發水份重量 A-B	含水重量比
5.5g	184.5g	101.6g	82.9g	44.9%

表 19 測量二 測量溼潤培養土含水量，單位公克

八、實驗六：研究免澆水花盆注滿水時的排水情況

說明：乾培養土部分部分資料參考「測量二」，由溼培養土數據換算而來

水重	178.5g	261.4g	110.5g	143g
時間	溼培養土 (184.5g)	乾培養土 (101.6g)	細砂 (474.5g)	中砂 (444.5g)
0 分	363.0	363.0	585.0	587.5
5 分	332.3	332.3	580.0	571.2
10 分	311.6	311.6	579.7	558.7
15 分	303.2	303.2	579.1	550.4
20 分	299.6	299.6	578.3	544.3
25 分	295.6	295.6	577.7	538.8
30 分	294.1	294.1	576.9	536.9
35 分	292.4	292.4	576.7	533.9
40 分	290.9	290.9	576.8	532.7
45 分	289.5	289.5	576.6	531.3
50 分	286.8	286.8	576.5	530.2
55 分	284.3	284.3	576.4	528.1
60 分	283.5	283.5	576.2	527.5
80 分	281.6	281.6	575.9	525.9
100 分	280.9	280.9	575.8	524.7
120 分	280.3	280.3	575.6	523.8
1 天	**266.8**	**266.8**	**566.2**	**513.9**

表 20 實驗六 研究免澆水花盆注滿水時的排水情況砂土含水重量 單位公克

時間	溼培養土 (184.5g)	乾培養土 (101.6g)	細砂 (474.5g)	中砂 (444.5g)
0 分	0.0	0	0.0	0.0
5 分	30.7	30.7	5.0	16.3
10 分	51.4	51.4	5.3	28.8
15 分	59.8	59.8	5.9	37.1
20 分	63.4	63.4	6.7	43.2
25 分	67.4	67.4	7.3	48.7
30 分	68.9	68.9	8.1	50.6
35 分	70.6	70.6	8.3	53.6
40 分	72.1	72.1	8.2	54.8
45 分	73.5	73.5	8.4	56.2
50 分	76.2	76.2	8.5	57.3
55 分	78.7	78.7	8.6	59.4
60 分	79.5	79.5	8.8	60.0
80 分	81.4	81.4	9.1	61.6
100 分	82.1	82.1	9.2	62.8
120 分	82.7	82.7	9.4	63.7
1 天	**96.2**	**96.2**	**18.8**	**73.6**

表 21 實驗六 研究免澆水花盆注滿水時的排水情況排出水重量 單位公克

	培養土	乾培養土	細砂	中砂
0 分	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5 分	17.2%	11.7%	4.5%	11.4%
10 分	28.8%	19.7%	4.8%	20.1%
15 分	33.5%	22.9%	5.3%	25.9%
20 分	35.5%	24.3%	6.1%	30.2%
25 分	37.8%	25.8%	6.6%	34.1%
30 分	38.6%	26.4%	7.3%	35.4%
35 分	39.6%	27.0%	7.5%	37.5%
40 分	40.4%	27.6%	7.4%	38.3%
45 分	41.2%	28.1%	7.6%	39.3%
50 分	42.7%	29.2%	7.7%	40.1%
55 分	44.1%	30.1%	7.8%	41.5%
60 分	44.5%	30.4%	8.0%	42.0%
80 分	45.6%	31.1%	8.2%	43.1%
100 分	46.0%	31.4%	8.3%	43.9%
120 分	46.3%	31.6%	8.5%	44.5%
1 天	**53.9%**	**36.8%**	**17.0%**	**51.5%**

表 22 實驗六 研究免澆水花盆注滿水時的排水情況 排出水量比例 單位%

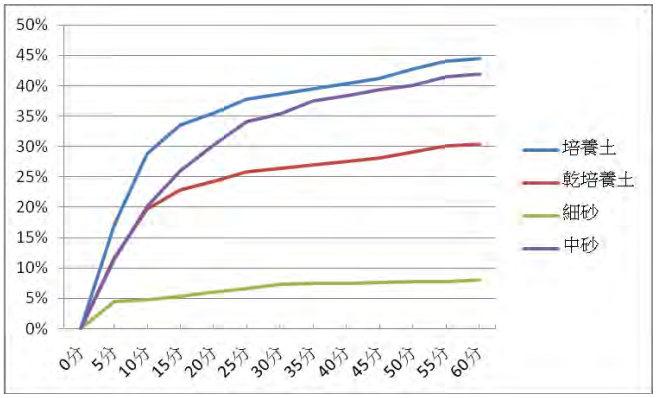


圖 19 實驗六 研究免澆水花盆注滿水時的排水情況 排水比例與時間(0-60 分)關係 單位%

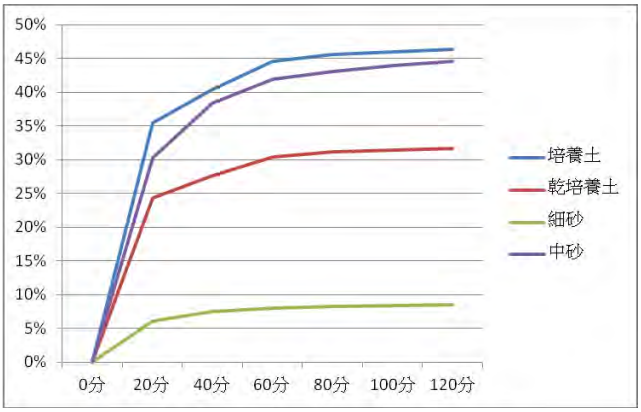


圖 20 實驗六 研究免澆水花盆注滿水時的排水情況 排水比例與時間(0-120 分)關係 單位%

九、實驗七：研究聚酯纖維棒與粗棉繩吸水時，吸水材不同高度含水量分佈

	底部← 分佈情形（吸水材+水重量） →頂部							
分段部位	0~1/8	1/8~2/8	2/8~3/8	3/8~4/8	4/8~5/8	5/8~6/8	6/8~7/8	7/8~1
分段部位	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-25cm	25-30cm	30-35cm	35-40cm
聚管	8.4							
	5.7				2.7			
	3.7		2.0		1.5		1.2	
	2.2	1.5	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6
粗棉繩	16.1							
	10.7				5.4			
	6.3		4.4		3.0		2.4	
	3.5	2.8	2.4	2.0	1.6	1.4	1.2	1.2

表 23 實驗七　研究聚酯纖維棒與粗棉繩吸水時，吸水材不同高度含水量分佈 分段吸水材含水重 單位公克

	分佈情形（水重量）									
分段部位	0~1/8	1/8~2/8	2/8~3/8	3/8~4/8	4/8~5/8	5/8~6/8	6/8~7/8	7/8~1		
分段部位	0-5cm	5-10cm	10-15cm	15-20cm	20-25cm	25-30cm	30-35cm	35-40cm		
聚管	3.5								4.9g	40cm 聚管重量
	3.25				0.25				2.45g	20cm 聚管重量
	2.475		0.8775		0.275		-0.025		1.225g	10cm 聚管重量
	1.5875	0.8875	0.4875	0.2875	0.1875	0.0875	-0.0125	-0.0125	0.6125g	5cm 聚管重量
粗棉繩	5.7								10.4g	40cm 粗棉繩重量
	5.5				0.2				5.2g	20cm 粗棉繩重量
	3.7		1.8		0.4		-0.2		2.6g	10cm 粗棉繩重量
	2.2	1.5	1.1	0.7	0.3	0.1	-0.1	-0.1	1.3g	5cm 粗棉繩重量

表 24 實驗七　研究聚酯纖維棒與粗棉繩吸水時，吸水材不同高度含水量分佈 分段含水重 單位公克

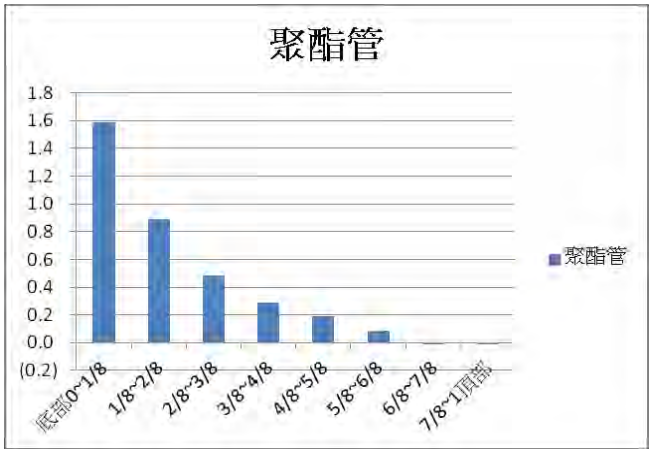


圖 21 實驗七　聚酯纖維管吸水時不同高度含水量分佈 單位公克

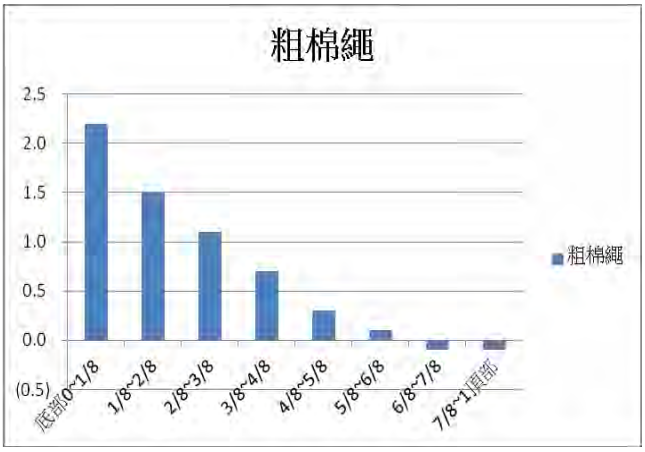


圖 22 實驗七　粗棉繩吸水時不同高度含水量分佈 單位公克

十、實驗八：研究使用不同長度聚酯纖維棒與粗棉繩輔助吸水時，不同砂土的含水量

	聚酯纖維棒 5cm				粗棉繩 5cm			
	細砂	中砂	粗砂	培養土	細砂	中砂	粗砂	培養土
0 分	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5 分	18.3	13.7	6.4	5.7	1.6	1.7	1.6	1.7
10 分	29.1	21.6	8.4	9.3	3.6	3.6	3.5	3.7
15 分	35.7	25.9	8.9	10.9	5.6	5.7	5.6	5.8
20 分	41.8	31.4	9.5	12.7	7.7	7.6	7.2	7.5
25 分	45.1	33.7	10.0	14.0	9.3	8.2	8.0	8.2
30 分	47.0	35.1	10.4	15.1	10.9	8.8	8.4	8.7
35 分	48.2	36.7	10.7	15.8	12.2	9.3	8.9	9.1
40 分	49.1	37.9	11.1	16.3	13.0	9.8	9.2	9.5
1 天	**59.7**	**43.5**	**16.4**	**28.3**	**26.2**	**19.4**	**13.7**	**18.5**
2 天	**62.4**	**47.1**	**19.6**	**34.1**	**32.0**	**21.3**	**15.9**	**23.3**

表 25 實驗八　研究使用 5cm 聚酯纖維棒與粗棉繩輔助吸水時，不同砂土的含水量單位公克

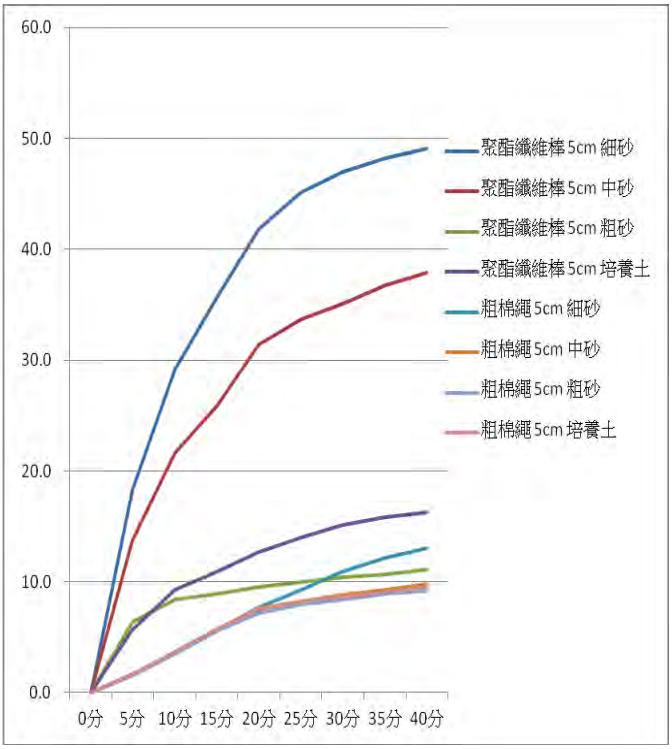


圖 23 實驗八　研究使用 5cm 聚酯纖維棒與粗棉繩輔助吸水時，不同砂土的含水量 單位公克

	聚酯纖維棒 7.5cm				粗棉繩 7.5cm			
	細砂	中砂	粗砂	培養土	細砂	中砂	粗砂	培養土
0 分	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5 分	10.4	8.0	4.4	4.5	1.6	1.6	1.6	1.6
10 分	16.7	12.3	5.1	6.3	3.1	3.0	3.0	3.2
15 分	19.8	14.5	5.6	6.8	4.6	4.6	4.5	4.7
20 分	22.8	16.4	5.8	7.4	5.9	5.9	5.7	5.9
25 分	24.3	17.5	6.1	7.7	7.0	6.4	6.2	6.4
30 分	25.2	18.1	6.3	8.1	7.9	6.8	6.5	6.8
35 分	25.7	18.8	6.5	8.4	8.7	7.1	6.9	7.1
40 分	25.9	19.1	6.6	8.6	9.2	7.4	7.1	7.4
1 天	**33.8**	**24.0**	**9.9**	**16.0**	**15.6**	**11.0**	**8.1**	**11.5**
2 天	**35.3**	**25.6**	**11.0**	**19.3**	**18.1**	**11.4**	**8.6**	**13.5**

表 26 實驗八　研究使用 7.5cm 聚酯纖維棒與粗棉繩輔助吸水時，不同砂土的含水量單位公克

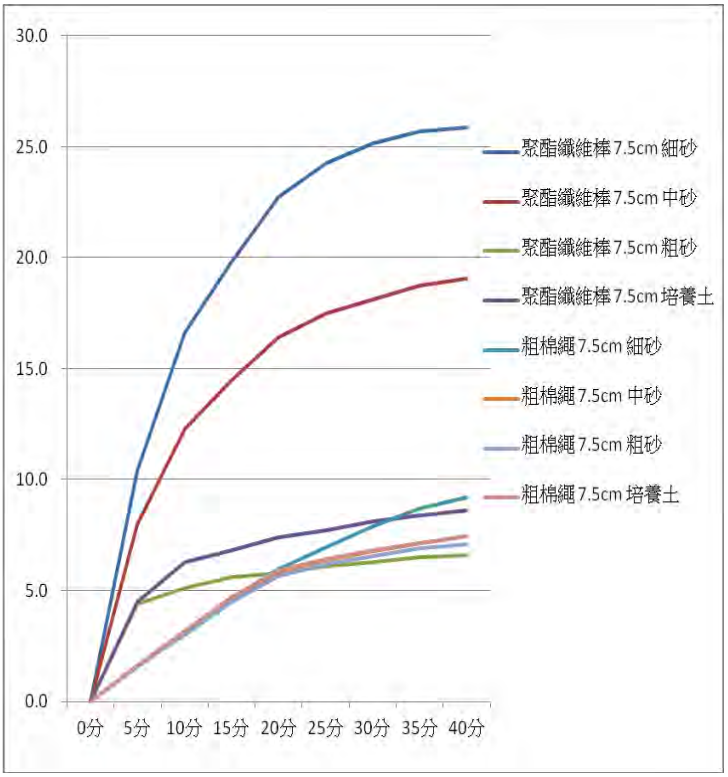


圖 24 實驗八　研究使用 7.5cm 聚酯纖維棒與粗棉繩輔助吸水時，不同砂土的含水量 單位公克

	聚酯纖維棒 10cm				粗棉繩 10cm			
	細砂	中砂	粗砂	培養土	細砂	中砂	粗砂	培養土
0 分	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5 分	5.9	5.0	3.6	3.7	1.5	1.5	1.5	1.6
10 分	8.5	6.7	4.3	4.5	2.7	2.6	2.6	2.7
15 分	9.6	7.5	4.7	5.0	3.8	3.7	3.5	3.8
20 分	10.4	8.1	4.8	5.5	4.5	4.5	4.4	4.6
25 分	10.8	8.5	5.1	5.7	5.1	4.9	4.7	4.9
30 分	11.1	8.7	5.3	5.9	5.4	5.1	5.0	5.3
35 分	11.4	9.1	5.5	6.2	5.8	5.3	5.2	5.6
40 分	11.5	9.2	5.5	6.4	6.1	5.5	5.4	5.7
1 天	**17.6**	**13.0**	**7.8**	**10.3**	**10.2**	**8.3**	**7.1**	**8.4**
2 天	**18.1**	**13.6**	**8.3**	**11.5**	**11.1**	**8.5**	**7.2**	**9.3**

表 27　實驗八　研究使用 10cm 聚酯纖維棒與粗棉繩輔助吸水時，不同砂土的含水量單位公克

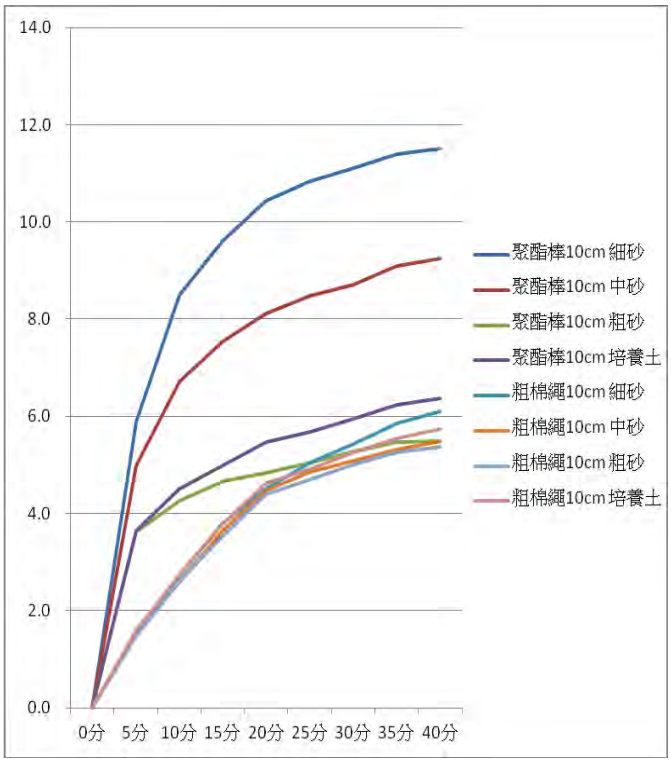


圖 25 實驗八　研究使用 10cm 聚酯纖維棒與粗棉繩輔助吸水時，不同砂土的含水量 單位公克

	聚酯纖維棒 15cm				粗棉繩 15cm			
	細砂	中砂	粗砂	培養土	細砂	中砂	粗砂	培養土
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5 分	3.2	3.1	3.2	3.2	1.5	1.5	1.4	1.6
10 分	4.1	3.7	3.8	3.7	2.8	2.7	2.7	2.9
15 分	4.6	4.1	4.2	4.1	4.0	3.9	3.8	4.1
20 分	4.9	4.4	4.4	4.6	4.7	4.8	4.8	5.0
25 分	5.1	4.6	4.6	4.8	5.2	5.3	5.2	5.3
30 分	5.2	4.8	4.8	5.0	5.4	5.5	5.5	5.6
35 分	5.4	5.0	4.9	5.2	5.7	5.7	5.7	5.9
40 分	5.5	5.1	4.9	5.4	6.0	5.9	5.8	6.1
1 天	**8.9**	**7.1**	**6.6**	**7.2**	**7.3**	**6.8**	**6.5**	**7.2**
2 天	**8.8**	**7.2**	**6.8**	**7.4**	**7.3**	**6.9**	**6.4**	**7.1**

表 28 實驗八　研究使用 15cm 聚酯纖維棒與粗棉繩輔助吸水時，不同砂土的含水量單位公克

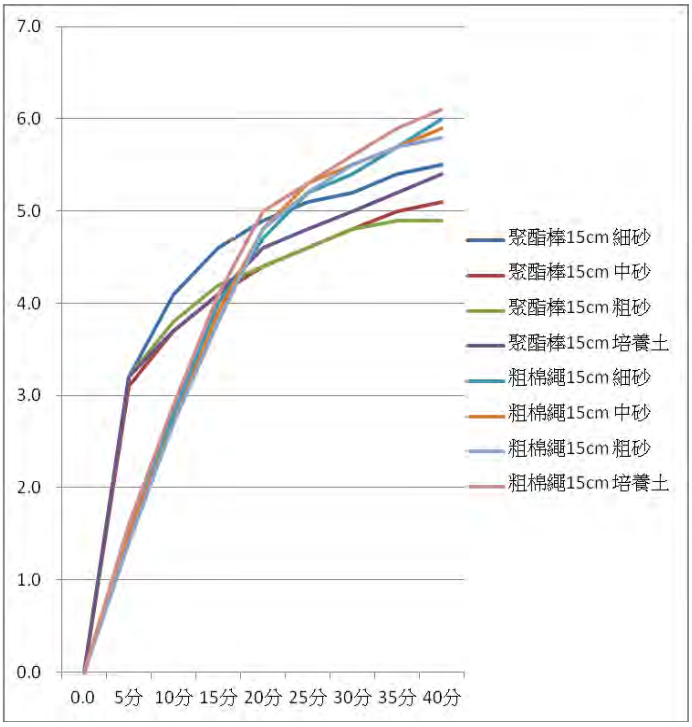


圖 26 實驗八　研究使用 15cm 聚酯纖維棒與粗棉繩輔助吸水時，不同砂土的含水量 單位公克

	聚酯纖維棒、細砂				聚酯纖維棒 中砂				聚酯纖維棒 粗砂				聚酯纖維棒 培養土			
	5cm	7.5cm	10cm	15cm	5cm	7.5cm	10cm	15cm	5cm	7.5cm	10cm	15cm	5cm	7.5cm	10cm	15cm
0 分	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5 分	18.3	10.4	5.9	3.2	13.7	8.0	5.0	3.1	6.4	4.4	3.6	3.2	5.7	4.5	3.7	3.2
10 分	29.1	16.7	8.5	4.1	21.6	12.3	6.7	3.7	8.4	5.1	4.3	3.8	9.3	6.3	4.5	3.7
15 分	35.7	19.8	9.6	4.6	25.9	14.5	7.5	4.1	8.9	5.6	4.7	4.2	10.9	6.8	5.0	4.1
20 分	41.8	22.8	10.4	4.9	31.4	16.4	8.1	4.4	9.5	5.8	4.8	4.4	12.7	7.4	5.5	4.6
25 分	45.1	24.3	10.8	5.1	33.7	17.5	8.5	4.6	10.0	6.1	5.1	4.6	14.0	7.7	5.7	4.8
30 分	47.0	25.2	11.1	5.2	35.1	18.1	8.7	4.8	10.4	6.3	5.3	4.8	15.1	8.1	5.9	5.0
35 分	48.2	25.7	11.4	5.4	36.7	18.8	9.1	5.0	10.7	6.5	5.5	4.9	15.8	8.4	6.2	5.2
40 分	49.1	25.9	11.5	5.5	37.9	19.1	9.2	5.1	11.1	6.6	5.5	4.9	16.3	8.6	6.4	5.4
1 天	59.7	33.8	17.6	8.9	43.5	24.0	13.0	7.1	16.4	9.9	7.8	6.6	28.3	16.0	10.3	7.2
2 天	62.4	35.3	18.1	8.8	47.1	25.6	13.6	7.2	19.6	11.0	8.3	6.8	34.1	19.3	11.5	7.4

表 29 實驗八　研究使用聚酯纖維棒輔助吸水時，不同高度的含水量 單位公克

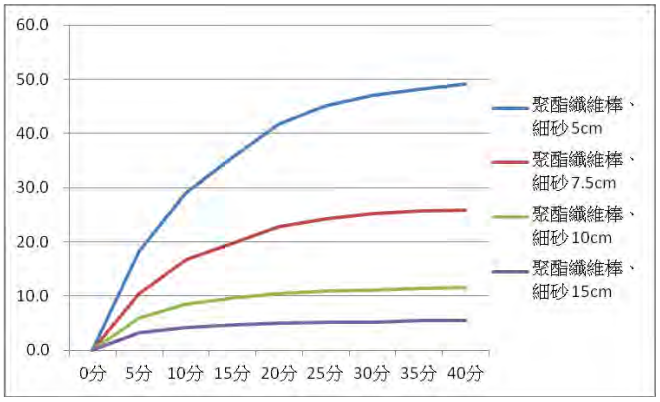


圖 27 實驗八　研究使用聚酯纖維棒輔助吸水時，細砂的含水量 單位公克

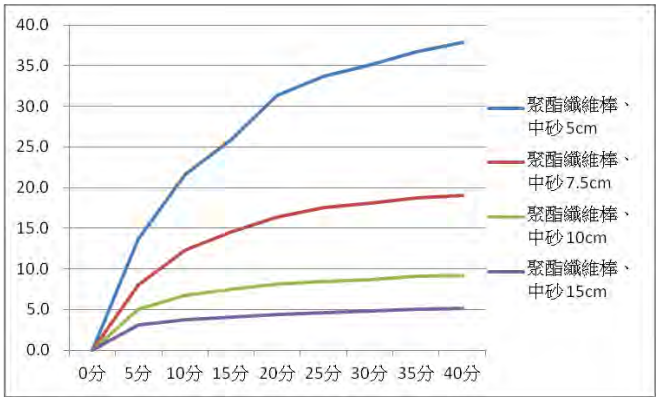


圖 28 實驗八　研究使用聚酯纖維棒輔助吸水時，中砂的含水量 單位公克

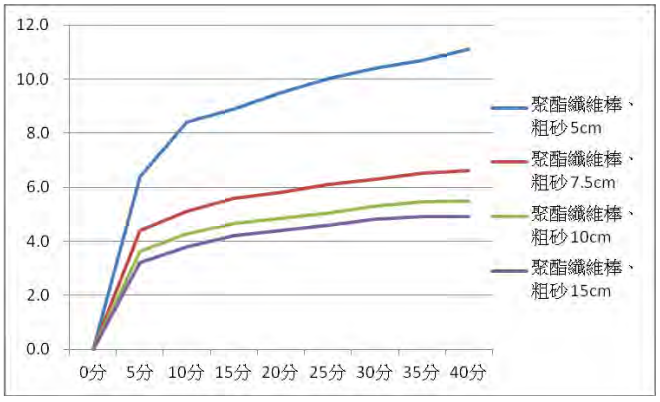


圖 29 實驗八　研究使用聚酯纖維棒輔助吸水時，粗砂的含水量 單位公克

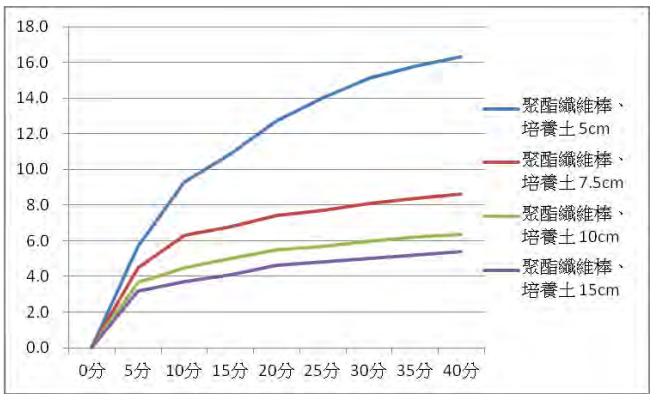


圖 30 實驗八　研究使用聚酯纖維棒輔助吸水時，培養土的含水量 單位公克

	粗棉繩 細砂				粗棉繩 中砂				粗棉繩 粗砂				粗棉繩 培養土			
	5cm	7.5cm	10cm	15cm	5cm	7.5cm	10cm	15cm	5cm	7.5cm	10cm	15cm	5cm	7.5cm	10cm	15cm
0 分	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.0**	0.0
5 分	1.6	1.6	1.5	1.5	1.7	1.6	1.5	1.5	1.6	1.6	1.5	1.4	1.7	1.6	**1.6**	1.6
10 分	3.6	3.1	2.7	2.8	3.6	3.0	2.6	2.7	3.5	3.0	2.6	2.7	3.7	3.2	**2.7**	2.9
15 分	5.6	4.6	3.8	4.0	5.7	4.6	3.7	3.9	5.6	4.5	3.5	3.8	5.8	4.7	**3.8**	4.1
20 分	7.7	5.9	4.5	4.7	7.6	5.9	4.5	4.8	7.2	5.7	4.4	4.8	7.5	5.9	**4.6**	5.0
25 分	9.3	7.0	5.1	5.2	8.2	6.4	4.9	5.3	8.0	6.2	4.7	5.2	8.2	6.4	**4.9**	5.3
30 分	10.9	7.9	5.4	5.4	8.8	6.8	5.1	5.5	8.4	6.5	5.0	5.5	8.7	6.8	**5.3**	5.6
35 分	12.2	8.7	5.8	5.7	9.3	7.1	5.3	5.7	8.9	6.9	5.2	5.7	9.1	7.1	**5.6**	5.9
40 分	13.0	9.2	6.1	6.0	9.8	7.4	5.5	5.9	9.2	7.1	5.4	5.8	9.5	7.4	**5.7**	6.1
1 天	**26.2**	**15.6**	**10.2**	**7.3**	**19.4**	**11.0**	**8.3**	**6.8**	**13.7**	**8.1**	**7.1**	**6.5**	**18.5**	**10.5**	**8.4**	**7.2**
2 天	**32.0**	**18.1**	**11.1**	**7.3**	**21.3**	**11.4**	**8.5**	**6.9**	**15.9**	**8.6**	**7.2**	**6.4**	**23.3**	**13.5**	**9.3**	**7.1**

表 29 實驗八　研究使用粗棉繩輔助吸水時，不同高度的含水量 單位公克

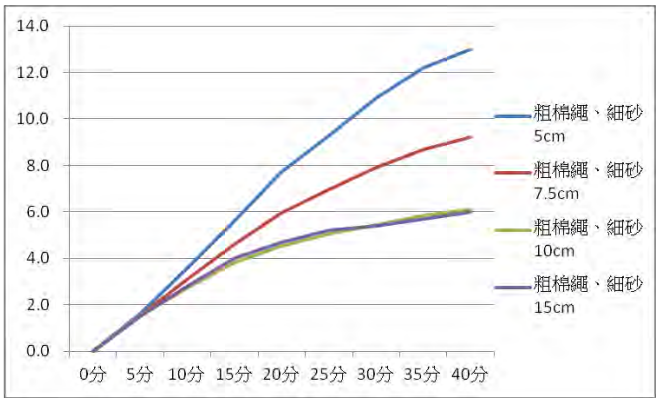


圖 31 實驗八　研究使用粗棉繩輔助吸水時，細砂的含水量 單位公克

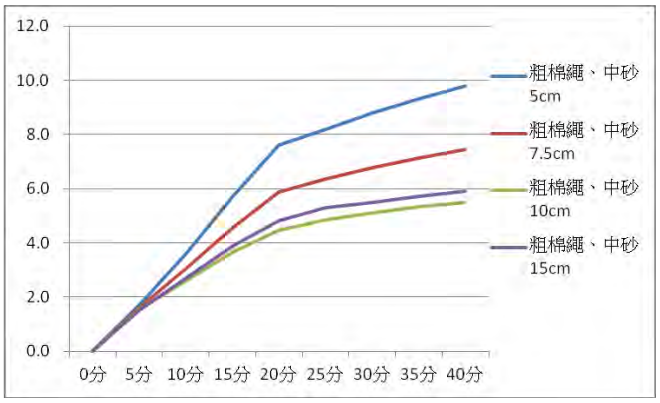


圖 32 實驗八　研究使用粗棉繩輔助吸水時，中砂的含水量 單位公克

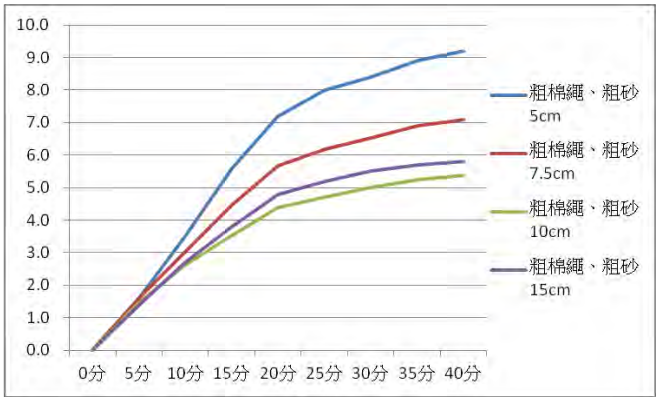


圖 33 實驗八　研究使用粗棉繩輔助吸水時，粗砂的含水量 單位公克

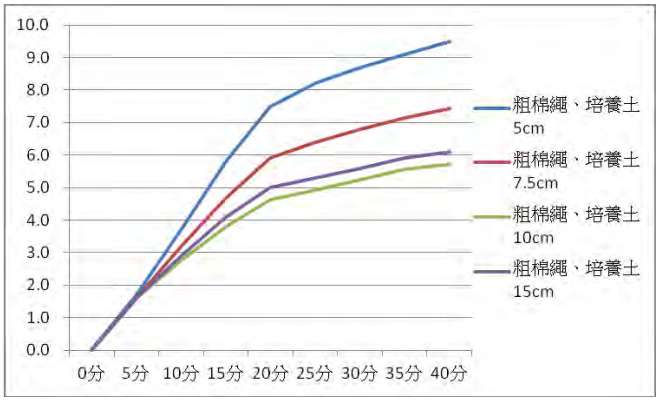


圖 34 實驗八　研究使用粗棉繩輔助吸水時，培養土的含水量 單位公克

	聚酯纖維棒、細砂				聚酯纖維棒 中砂				聚酯纖維棒 粗砂				聚酯纖維棒 培養土			
	5cm	7.5cm	10cm	15cm	5cm	7.5cm	10cm	15cm	5cm	7.5cm	10cm	15cm	5cm	7.5cm	10cm	15cm
0 分	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5 分	3.9%	2.2%	1.2%	0.7%	3.2%	1.8%	1.1%	0.7%	1.6%	1.1%	0.9%	0.8%	3.1%	2.4%	2.0%	1.7%
10 分	6.1%	3.5%	1.8%	0.9%	5.0%	2.8%	1.5%	0.9%	2.1%	1.3%	1.1%	1.0%	5.0%	3.4%	2.4%	2.0%
15 分	7.5%	4.2%	2.0%	1.0%	6.0%	3.3%	1.7%	0.9%	2.3%	1.4%	1.2%	1.1%	5.9%	3.7%	2.7%	2.2%
20 分	8.8%	4.8%	2.2%	1.0%	7.2%	3.8%	1.9%	1.0%	2.4%	1.5%	1.2%	1.1%	6.9%	4.0%	3.0%	2.5%
25 分	9.5%	5.1%	2.3%	1.1%	7.8%	4.0%	1.9%	1.1%	2.5%	1.5%	1.3%	1.2%	7.6%	4.2%	3.1%	2.6%
30 分	9.9%	5.3%	2.3%	1.1%	8.1%	4.2%	2.0%	1.1%	2.6%	1.6%	1.3%	1.2%	8.2%	4.4%	3.2%	2.7%
35 分	10.2%	5.4%	2.4%	1.1%	8.4%	4.3%	2.1%	1.2%	2.7%	1.6%	1.4%	1.2%	8.6%	4.6%	3.4%	2.8%
40 分	10.3%	5.4%	2.4%	1.2%	8.7%	4.4%	2.1%	1.2%	2.8%	1.7%	1.4%	1.2%	8.8%	4.7%	3.4%	2.9%
1 天	12.6%	7.1%	3.7%	1.9%	10.0%	5.5%	3.0%	1.6%	4.2%	2.5%	2.0%	1.7%	15.3%	8.6%	5.6%	3.9%
2 天	13.2%	7.4%	3.8%	1.9%	10.8%	5.9%	3.1%	1.7%	5.0%	2.8%	2.1%	1.7%	18.5%	10.4%	6.3%	4.0%

表 30 實驗八　研究使用聚酯纖維棒輔助吸水時，不同高度的含水率（水與砂土重量比） 單位%

	粗棉繩 細砂				粗棉繩 中砂				粗棉繩 粗砂				粗棉繩 培養土			
	5cm	7.5cm	10cm	15cm	5cm	7.5cm	10cm	15cm	5cm	7.5cm	10cm	15cm	5cm	7.5cm	10cm	15cm
0 分	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5 分	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.4%	0.4%	0.4%	0.3%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%
10 分	0.8%	0.7%	0.6%	0.6%	0.8%	0.7%	0.6%	0.6%	0.9%	0.8%	0.7%	0.7%	2.0%	1.7%	1.5%	1.6%
15 分	1.2%	1.0%	0.8%	0.8%	1.3%	1.1%	0.8%	0.9%	1.4%	1.1%	0.9%	1.0%	3.1%	2.5%	2.1%	2.2%
20 分	1.6%	1.3%	1.0%	1.0%	1.7%	1.4%	1.0%	1.1%	1.8%	1.4%	1.1%	1.2%	4.1%	3.2%	2.5%	2.7%
25 分	2.0%	1.5%	1.1%	1.1%	1.9%	1.5%	1.1%	1.2%	2.0%	1.6%	1.2%	1.3%	4.4%	3.5%	2.7%	2.9%
30 分	2.3%	1.7%	1.1%	1.1%	2.0%	1.6%	1.2%	1.3%	2.1%	1.7%	1.3%	1.4%	4.7%	3.7%	2.8%	3.0%
35 分	2.6%	1.8%	1.2%	1.2%	2.1%	1.6%	1.2%	1.3%	2.3%	1.7%	1.3%	1.4%	4.9%	3.9%	3.0%	3.2%
40 分	2.7%	1.9%	1.3%	1.3%	2.3%	1.7%	1.3%	1.4%	2.3%	1.8%	1.4%	1.5%	5.1%	4.0%	3.1%	3.3%
1 天	5.5%	3.3%	2.1%	1.5%	4.5%	2.5%	1.9%	1.6%	3.5%	2.1%	1.8%	1.6%	10.0%	6.2%	4.5%	3.9%
2 天	6.7%	3.8%	2.3%	1.5%	4.9%	2.6%	2.0%	1.6%	4.0%	2.2%	1.8%	1.6%	12.6%	7.3%	5.1%	3.8%

表 31 實驗八　研究使用粗棉繩輔助吸水時，不同高度的含水率（水與砂土重量比） 單位%

	聚酯纖維棒、細砂				聚酯纖維棒 中砂				聚酯纖維棒 粗砂				聚酯纖維棒 培養土			
	5cm	7.5cm	10cm	15cm	5cm	7.5cm	10cm	15cm	5cm	7.5cm	10cm	15cm	5cm	7.5cm	10cm	15cm
0 分	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5 分	5.0%	2.9%	1.6%	0.9%	3.8%	2.2%	1.4%	0.9%	1.8%	1.2%	1.0%	0.9%	1.6%	1.2%	1.0%	0.9%
10 分	8.0%	4.6%	2.3%	1.1%	6.0%	3.4%	1.9%	1.0%	2.3%	1.4%	1.2%	1.0%	2.6%	1.7%	1.2%	1.0%
15 分	9.8%	5.5%	2.7%	1.3%	7.1%	4.0%	2.1%	1.1%	2.5%	1.5%	1.3%	1.2%	3.0%	1.9%	1.4%	1.1%
20 分	11.5%	6.3%	2.9%	1.4%	8.7%	4.5%	2.2%	1.2%	2.6%	1.6%	1.3%	1.2%	3.5%	2.0%	1.5%	1.3%
25 分	12.4%	6.7%	3.0%	1.4%	9.3%	4.8%	2.3%	1.3%	2.8%	1.7%	1.4%	1.3%	3.9%	2.1%	1.6%	1.3%
30 分	13.0%	6.9%	3.1%	1.4%	9.7%	5.0%	2.4%	1.3%	2.9%	1.7%	1.5%	1.3%	4.2%	2.2%	1.6%	1.4%
35 分	13.3%	7.1%	3.1%	1.5%	10.1%	5.2%	2.5%	1.4%	3.0%	1.8%	1.5%	1.4%	4.4%	2.3%	1.7%	1.4%
40 分	13.5%	7.1%	3.2%	1.5%	10.4%	5.3%	2.5%	1.4%	3.1%	1.8%	1.5%	1.4%	4.5%	2.4%	1.8%	1.5%
1 天	16.5%	9.3%	4.9%	2.5%	12.0%	6.6%	3.6%	2.0%	4.5%	2.7%	2.1%	1.8%	7.8%	4.4%	2.8%	2.0%
2 天	17.2%	9.7%	5.0%	2.4%	13.0%	7.0%	3.8%	2.0%	5.4%	3.0%	2.3%	1.9%	9.4%	5.3%	3.2%	2.0%

表 32 實驗八　研究使用粗棉繩輔助吸水時，不同高度的含水率（水與花盆容量比） 單位%

	粗棉繩 細砂				粗棉繩 中砂				粗棉繩 粗砂				粗棉繩 培養土			
	5cm	7.5cm	10cm	15cm	5cm	7.5cm	10cm	15cm	5cm	7.5cm	10cm	15cm	5cm	7.5cm	10cm	15cm
0 分	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5 分	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.5%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.5%	0.4%	0.4%	0.4%
10 分	1.0%	0.9%	0.8%	0.8%	1.0%	0.8%	0.7%	0.7%	1.0%	0.8%	0.7%	0.7%	1.0%	0.9%	0.8%	0.8%
15 分	1.5%	1.3%	1.0%	1.1%	1.6%	1.3%	1.0%	1.1%	1.5%	1.2%	1.0%	1.0%	1.6%	1.3%	1.0%	1.1%
20 分	2.1%	1.6%	1.2%	1.3%	2.1%	1.6%	1.2%	1.3%	2.0%	1.6%	1.2%	1.3%	2.1%	1.6%	1.3%	1.4%
25 分	2.6%	1.9%	1.4%	1.4%	2.3%	1.8%	1.3%	1.5%	2.2%	1.7%	1.3%	1.4%	2.3%	1.8%	1.4%	1.5%
30 分	3.0%	2.2%	1.5%	1.5%	2.4%	1.9%	1.4%	1.5%	2.3%	1.8%	1.4%	1.5%	2.4%	1.9%	1.4%	1.5%
35 分	3.4%	2.4%	1.6%	1.6%	2.6%	2.0%	1.5%	1.6%	2.5%	1.9%	1.4%	1.6%	2.5%	2.0%	1.5%	1.6%
40 分	3.6%	2.5%	1.7%	1.7%	2.7%	2.0%	1.5%	1.6%	2.5%	2.0%	1.5%	1.6%	2.6%	2.0%	1.6%	1.7%
1 天	7.2%	4.3%	2.8%	2.0%	5.3%	3.0%	2.3%	1.9%	3.8%	2.2%	1.9%	1.8%	5.1%	3.2%	2.3%	2.0%
2 天	8.8%	5.0%	3.1%	2.0%	5.9%	3.1%	2.3%	1.9%	4.4%	2.4%	2.0%	1.8%	6.4%	3.7%	2.6%	2.0%

表 33 實驗八　研究使用粗棉繩輔助吸水時，不同高度的含水率（水與花盆容量比） 單位%

陸、討論

一、實驗一：研究花盆裡不同砂土與盆底吸水速度、吸水量的關係。

三種砂土中，「細砂」吸水的速度最快，粗砂次之、培養土最慢；同體積情況下吸水一天，以細砂吸水量最多，粗砂次之，培養土最少；同種砂土情況下，小杯子吸水量較快接近飽和。

二、實驗二：研究花盆底開口大小與吸水速度、吸水量的關係。

盆底開口的面積越大，吸水速度越快，但差距很小，放置一天後的吸水量和開口大小無明顯關係。

三、實驗三：研究花盆底開口大小與吸水速度、吸水量的關係二。

針對「實驗二」結果重新設計實驗，將開孔縮小為直徑 3.0mm，結果顯示盆底開口的面積越大，吸水速度越快，但放置一天後吸水量也和開口大小無明顯關係，吸水量與「實驗二」數據接近。

四、實驗四：研究花盆增加輔助材質（聚酯纖維棒）與吸水速度、吸水量的關係。

在細砂組裡，增加聚酯纖維棒在前 15 分鐘與不加聚酯纖維棒吸水速度接近，15 分鐘後，增加聚酯纖維棒，吸水速度超越不加聚酯纖維棒的花盆，一天的吸水量也較多；在培養土組裡，前 15 分鐘增加聚酯纖維棒吸水速度較慢，15 分鐘分後，增加聚酯纖維棒的花盆吸水速度超越不加聚酯纖維棒的花盆，一天的吸水量也較多，其中長棒比短棒更能增加吸水量。

五、實驗五：研究高度對吸水速度與吸水量的關係。

比較設計 1、設計 3，花盆較高者吸水速度較慢且吸水量較少；比較設計 2、設計 3，聚酯纖維棒開口較低吸水較快、但吸水量也較少；比較設計 1、設計 2，聚酯纖維棒開口高度相同，花盆較低者，吸水較快、吸水量也較多。

六、測量一：測量砂土孔隙空氣體積

實驗數據顯示培養土的孔隙體積最大(170.2ml)、粗砂次之(121.5ml)、細砂最小(106.3ml)。

七、測量二：測量培養土原含水量

考慮培養土原本就是溼潤狀態，內含有水份，為準備實驗六計算培養土的排水情況，所以先測量培養土的含水量，做為計算培養土排水比例的依據。本此實驗取用的培養土含水重量比約為 44.9%。

八、實驗六：研究免澆水花盆注滿水時的排水情況

比較三種砂土（培養土有兩種計算方式），溼潤培養土排水速度最快、其次為中砂、乾培養土（依測量二資料換算）、細砂。

九、實驗七：研究聚酯纖維棒與粗棉繩吸水時，吸水材不同高度含水量分佈

分段測量聚酯纖維棒與粗棉繩吸水重量時出現誤差，聚酯纖維棒與粗棉繩最上面二段含水重量減去吸水材重量出現負值；由圖 21 與圖 22 可看出兩種吸水材的含水量分布是逐上遞減，不同高度含水量可以與加裝此長度吸水材的免澆水花盆的吸水速度對照。

十、實驗八：研究使用不同長度聚酯纖維棒與粗棉繩輔助吸水時，不同砂土的含水量

比較四種長度吸水材的吸水速度，吸水材越短（花盆越底）吸水速度越快；聚酯纖維棒吸水速度較粗棉繩快，一天與二天的吸水量也較多；吸水材長度在 10-15cm 間，吸水能力大幅減弱，以 15cm 以上吸水材製作免澆水花盆，實用價值較低；使用相同長度與種類的吸水材時，細砂吸水最快，中砂、培養土次之，粗砂最慢。將實驗八結果製表，可供製作適合不同植物的免澆水花盆的參考資料。

十一、比對實驗七、八數據

5cm 數據取自實驗七(0-5cm 含水量)與(5-10cm 含水量)平均，7.5cm 數據取自實驗七(0-5cm 含水量)，10cm 數據取自(5-10cm 含水量)與(10-15cm 含水量)平均，含水量部分取砂土吸水一天的含水量，資料製表 34、35。

	聚酯棒				粗棉繩			
	聚酯棒	細砂	中砂	培養土	粗棉繩	細砂	中砂	培養土
5cm	1.238	59.7	43.5	28.3	1.850	26.2	19.4	18.5
7.5cm	0.688	33.8	24.0	16.0	1.300	15.6	11.0	11.5
10cm	0.388	17.6	13.0	10.3	0.900	10.2	8.3	8.4

表 34 比對實驗七 吸水材不同高度含水分布與實驗八 不同高度花盆砂土吸水一天的含水量 單位公克

		聚酯棒		
	聚酯棒	細砂／聚酯棒	中砂／聚酯棒	培養土／聚酯棒
5cm	1.238	48.2	35.1	22.9
7.5cm	0.688	49.1	34.9	23.3
10cm	0.388	45.4	33.5	26.5

表 35 各種砂土吸水數據除以聚酯纖維棒含水分布

		粗棉繩		
	粗棉繩	細砂／粗棉繩	中砂／粗棉繩	培養土／粗棉繩
5cm	1.85	14.2	10.5	10.0
7.5cm	1.3	12.0	8.5	8.8
10cm	0.9	11.3	9.2	9.3

表 36 各種砂土吸水數據除以粗棉繩含水分布

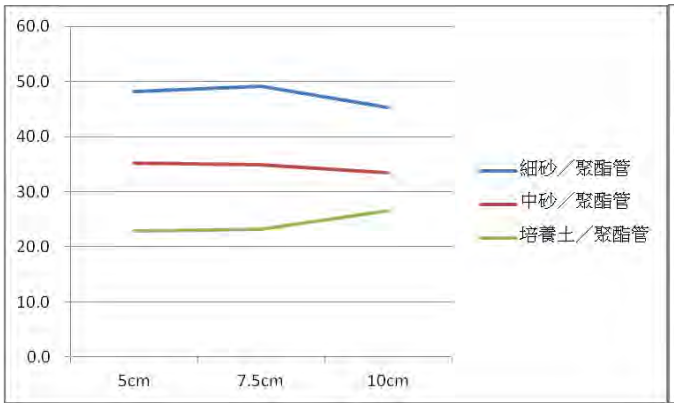


圖 35 比對實驗七、八數據 依表 35 製圖 吸水速度與聚酯棒含水量比值

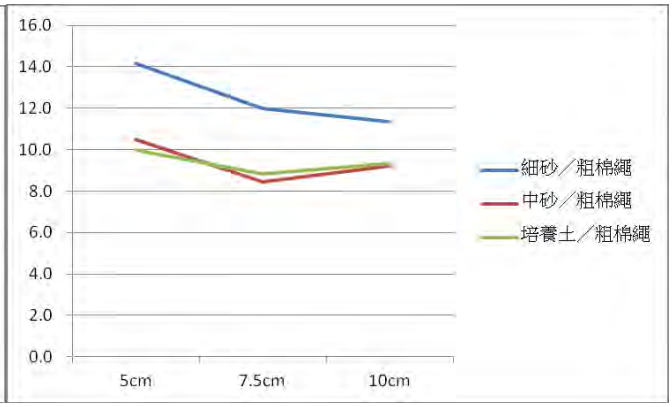


圖 36 比對實驗七、八數據 依表 36 製圖吸水速度與粗棉繩含水量比值

柒、結論

以杯底開孔方式製作的花盆，在杯子高度不大情況下，砂土的含水量較高，不適合種植適合乾燥砂土的植物，增加聚酯纖維棒時，會增加砂土的含水量，對制控較低含水量沒有幫助，實驗五利用大小飲料杯高度差，以重力抵抗毛細現象的吸水力，可以降低砂土含水量。

實驗八證實提高花盆高度能降低砂土的含水量，若能搜集各種植物適合的種植條件，搭配不同的盆栽高度、聚酯纖維棒長短與大底面積的外盆，再參考表 30~33 資料，便能設計出適合各種植栽的免澆水花盆。

捌、實作與延伸設計

一、「滑水道」設計：

為能一次幫多個免澆水花盆補水，我們設計了「滑水道」，針對植栽調整每個免澆水花盆外盆能容納的水量與內盆高度，再利用馬桶水箱每次能送出定量的水，我們設計的「滑水道」只須每隔數天或每個星期沖一次水。另外為了節省水資源，減少澆灌用水，可以使用類似荷葉表面不沾水的材質製作「滑水道」，使沖水的過程無水滴殘留在水道表面。多餘的水在「滑水道」末端沖入水族箱回收可以替魚缸換水。

「滑水道」的缺點：水道過長時，因為水量較多，水通過免澆水花盆的時間較長，水道上游的免澆水花盆得到的水份會稍多於下游；因「滑水道」是利用地心引力送水，所以若免澆水花盆是設置在平面上時，便無法使用「滑水道」。

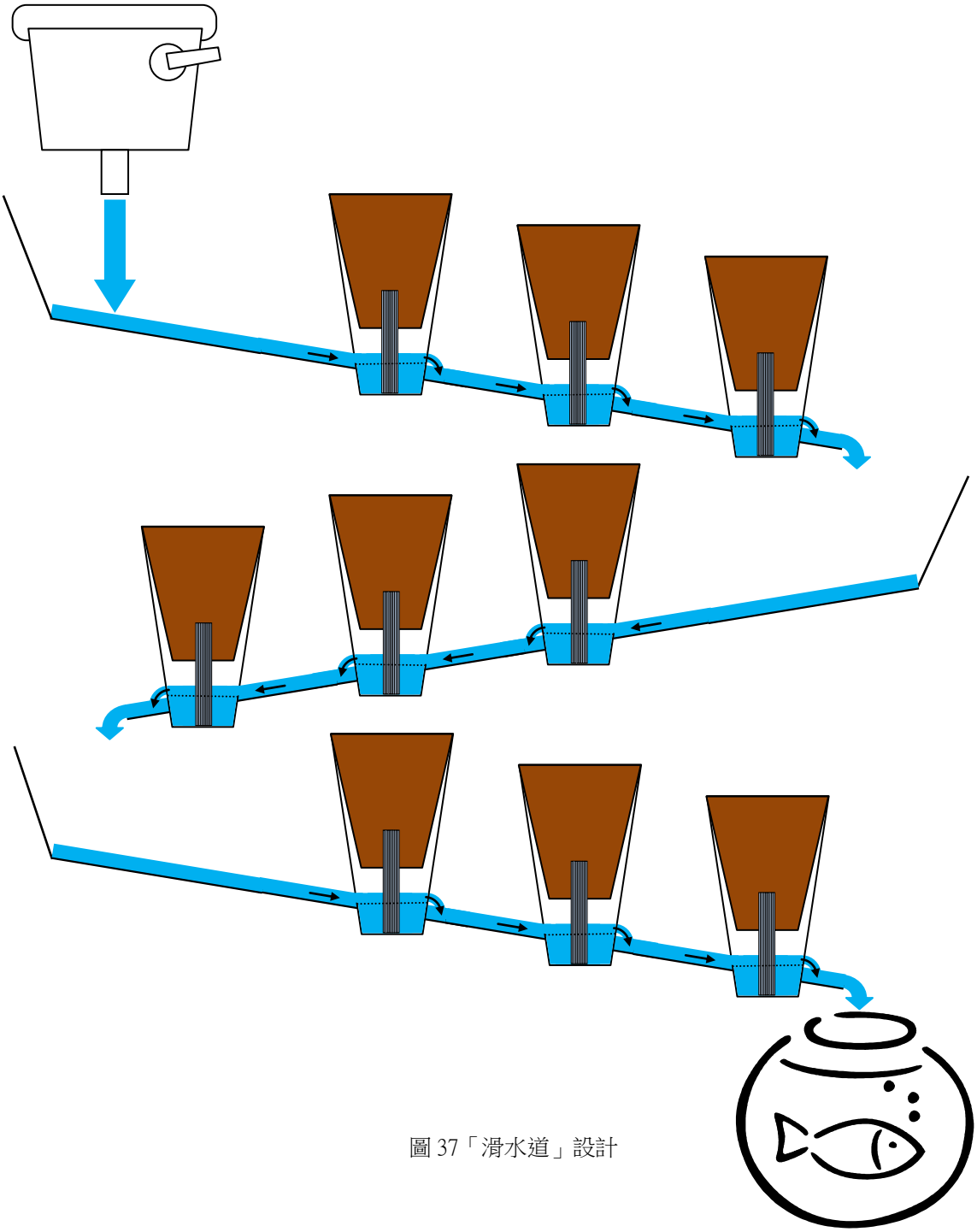


圖 37「滑水道」設計

二、「連通管」設計：

用「連通管」設計連接的免澆水花盆可以在平面設置，把水加入在其中一盆，水便能自行透過連通管漫流到其他花盆，但因為沒有高低落差，水流速度較慢。

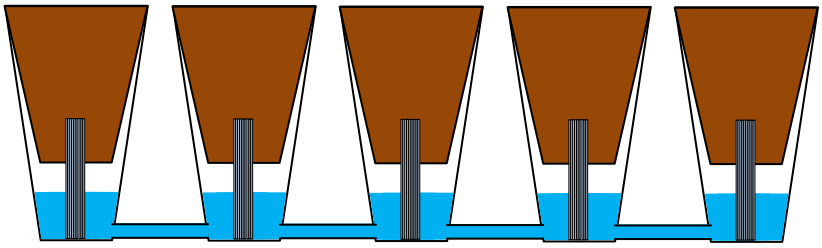


圖 38「連通管」設計

直接用大面積的水盆取代連通管可以得到相同效果，各個花盆水量均勻，且能長時間提供水份，但整體重量大增，搬動不易，須設置在承重較大。

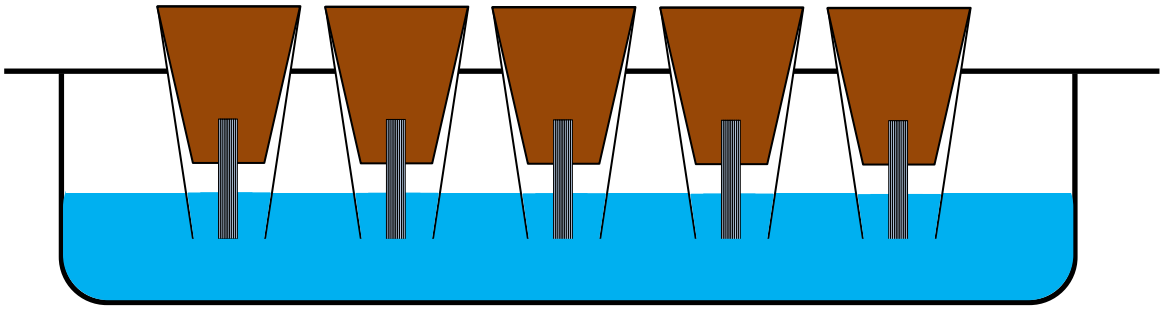


圖 39「連通管」設計之二

三、為屋頂斜面設計免澆水系統

結合「滑水道」與「連通管」兩種設計便可以一次幫整片斜面屋頂的花盆完成澆水。

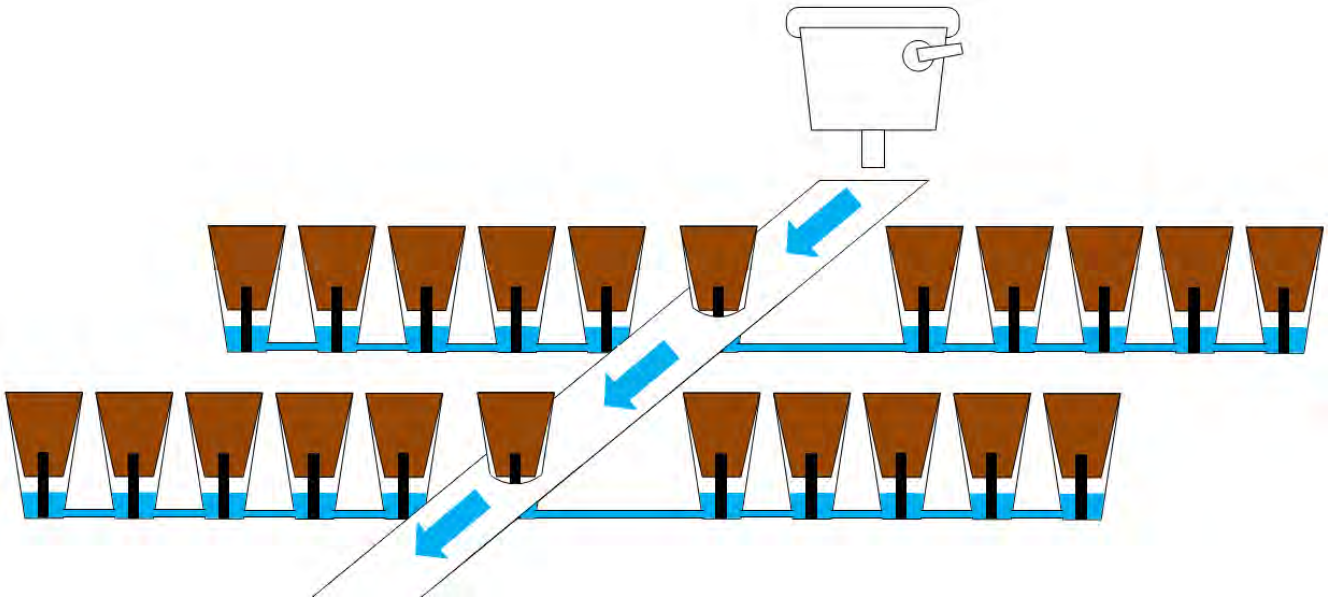


圖 40「滑水道」+「連通管」設計

如圖 38，將「滑水道」利用類似電路的並聯方式連接，也能應用在屋頂斜面。另外將圖 37「連通管」設計之二橫向串聯起來，可做成「梯田」般的澆灌系統應用在屋頂斜面上。

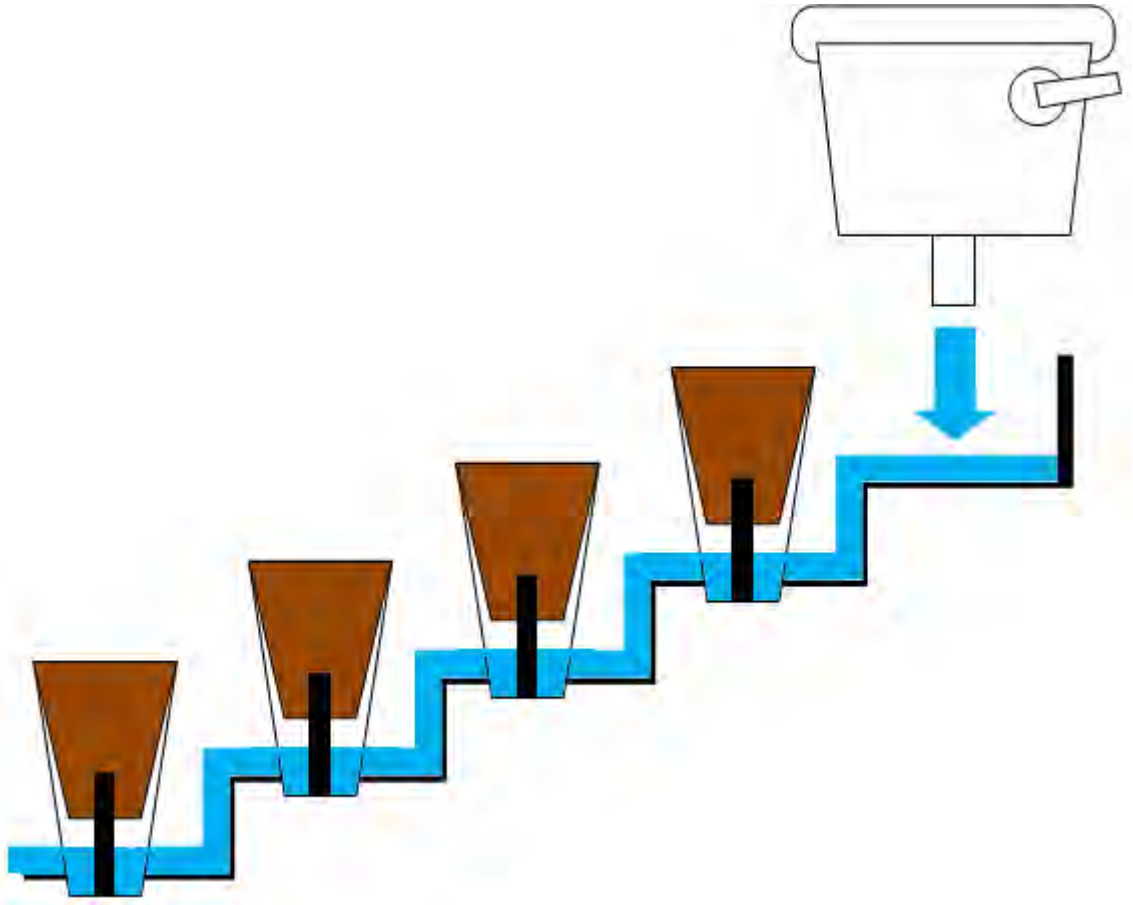


圖 41「梯田」設計

四、克服「滑水道」設計中免澆水花盆因水量較多，水通過免澆水花盆的時間較長，水道上游的免澆水花盆得到的水份會稍多於下游。

內嵌鐵片的浮球隨外盆水面上升，接近磁鐵時，浮球被磁鐵吸引而關閉閥門，便可阻止水從「滑水道」進入花盆；當外盆水被吸收而下降時，閥門與浮球重量大於磁力，閥門便重新開啟，直至外盆再次注水至設定水面高度，此設計除能避上游水量過多外，也可以避免水道的水位過高時，砂土吸水過多太過溼潤。

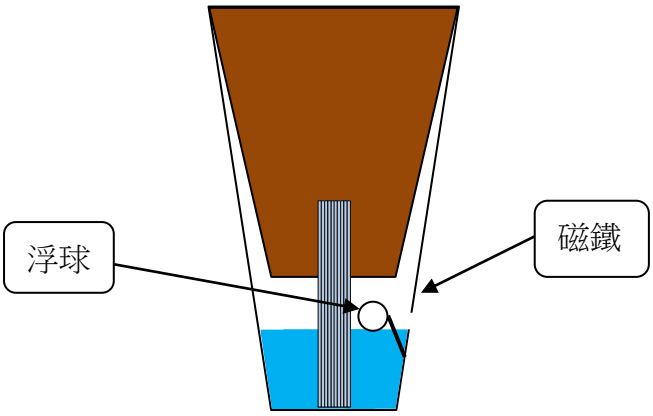


圖 42　防止吸水過多與外盆水位過高的設計

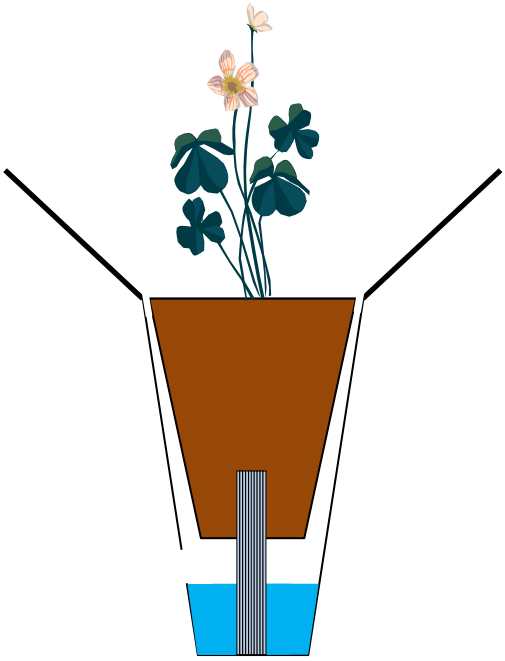


圖 43　室外可收集雨水的設計

五、能收集雨水的設計

為節省水資源，為免澆水花盆加上集水罩（如圖 41），雨水可自內外花盆間隙縫流入外盆，供應植栽所需，外盆某高度開一排水孔可避免外盆水位過高，雨量過大時，內外盆高度差也能幫助內盆排水；需較乾燥砂土的植栽要使用較高、吸水材高長的免澆水花盆，較大的高度差能幫助排水。

六、能在水溝上栽種的設計

利用水溝蓋上空間種植植物，利用水溝有「滑水道」的特性設計，水溝底部挖一凹洞儲水，吸水材伸入凹洞，為避免孳生蚊蟲，凹洞可填滿類似海棉的材質。

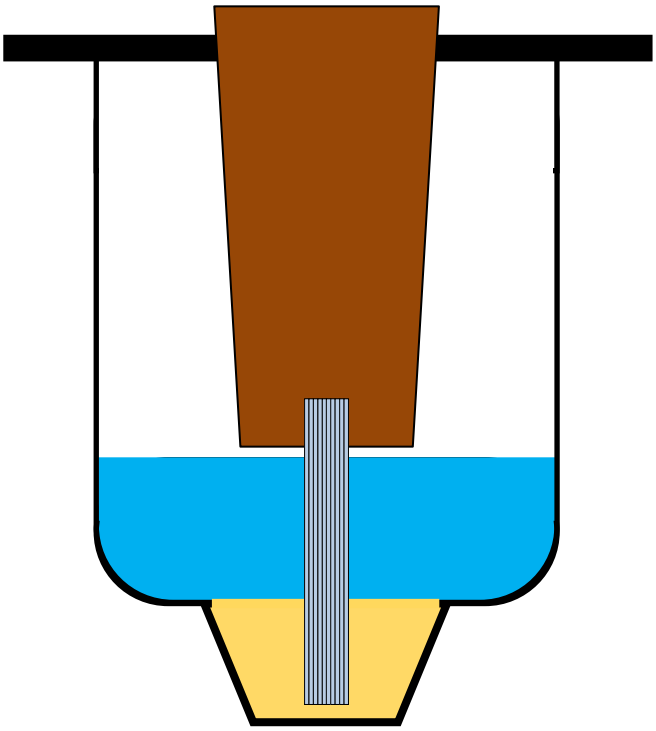
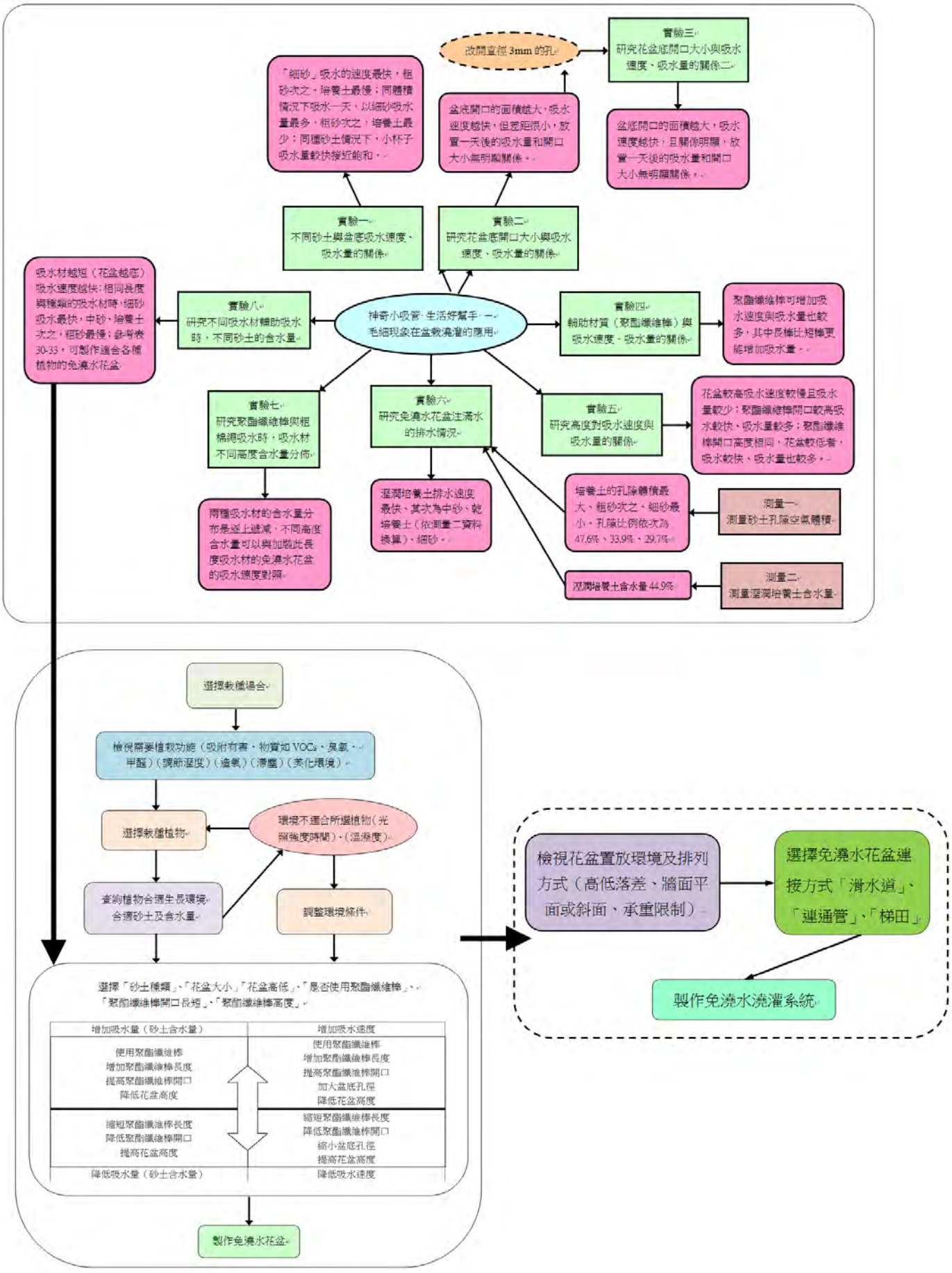


圖 44　水溝蓋結合免澆水花盆



附圖 實驗架構圖與免澆水花盆、系統規畫流程

【評語】080810

本作品利用連通管及毛細管原理，設計室內自動澆水盆栽系統，經探討聚酯纖維棒、培養土、花盆設計等，以達實用之免澆水系統，為構思靈巧，設備簡易，但具解決生活問題之優秀作品。