

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生物科

030306

肉多多「攔」水？—星狀仙人掌稜線研究

學校名稱：桃園市立經國國民中學

作者： 國一 吳家溱 國一 李宥璇	指導老師： 張佳鈴 龔科銘
-------------------------	---------------------

關鍵詞：星狀仙人掌、仿生設計、3D 列印

摘要

星狀仙人掌(星球屬 *Astrophytum Lem.*)可在沙漠生長。真實仙人掌瓣數13，瓣基部厚度1.5 cm，內部集水達**96.48%**。為探究稜線分布和厚度是否影響攔水量，以tinkercad繪製模型並3D列印稜線瓣數為4、8、12、16，厚度0.3、0.6、0.9、1.2、1.5、1.8 cm的24顆仿生模型，均勻噴水霧量100 ml，讓水沿著仙人掌稜線至根部集水區並測量水量。瓣數16、稜線厚度1.5 cm內部集水佳，可達**97.76%**。瓣數越多集水愈好，瓣數16者內部集水量皆超過**80%**。厚度相同，瓣數8的集水量較差，僅**60.0%**；瓣數16集水量更佳，可達到**97.40%**。

壹、研究動機

某天放學回家時，看到我書桌上那株頗有生氣的星狀仙人掌，我已經忘記澆水很久了，居然還活著，植物看起來完全沒有缺水的現象。一般的植物，通常一段時間沒有澆水就死了。我上網查閱星狀仙人掌的資料，星狀仙人掌在越惡劣環境生長的越好，為了適應乾旱環境，肥厚的莖可以儲存大量水分，而葉子退化成針狀葉，可以防止水分大量蒸散。星狀仙人掌的瓣數與光合作用的有效輻射量有關，瓣數越多能使光合作用效率提高，但卻會使莖的表面積加大，導致水分散失，所以星狀仙人掌稜線不一，而且稜線厚薄不均。我們想研究看看是不是星狀仙人掌(星球屬 *Astrophytum Lem.*)的特殊形狀讓它們攔水能力特別強，還是剛好這些水都完全沒有浪費在根部被吸收，或者是有什麼其他原因？**因為全球氣候變遷的影響，降雨的分布發生改變，科學家預測許多地區將會終年無雨，只有霧雨的天氣狀態，我們想仿生星狀仙人掌形態攔截水分，看看攔截水分的能力是否與稜線數目和稜線厚薄有關？**這樣的研究在現代比從前容易許多，因為可以利用3D列印的技術，模仿星狀仙人掌的基本構造，試著控制變因，探究仿生仙人掌稜線對水分攔截有無關聯？進而希望對未來的水資源收集有所貢獻。

貳、研究目的

一、探討真實星狀仙人掌集水量

- 1.作星狀仙人掌真株的實驗，分析星狀仙人掌的真實集水量
- 2.比較真實與模擬滯留莖表面上的材質

二、探討仿生星狀仙人掌相同瓣數，不同稜線厚度的星狀仙人掌集水效果

- 1.實驗星狀仙人掌不同稜線厚度對集水量、集水位置的影響
- 2.固定稜線瓣數，變因為稜線厚度

三、探討仿生星狀仙人掌相同稜線厚度，不同稜線瓣數星狀仙人掌的集水效果

- 1.實驗星狀仙人掌不同稜線瓣數對集水量、集水位置的影響
- 2.固定稜線厚度，變因為稜線瓣數

參、研究設備及材料

一、材料

(一)仿生星狀仙人掌 (聚乳酸材質)(長寬高均為10 cm)

(二)量筒

(三)星狀仙人掌支架(聚乳酸材質)

(四)水



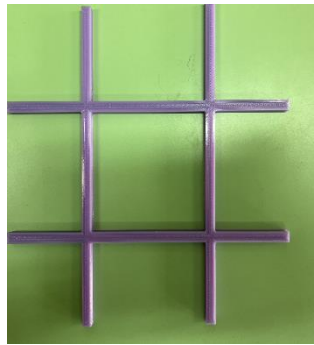


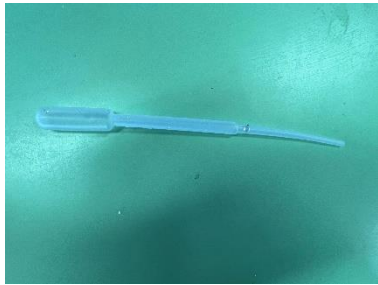
(五)澆水器





(六)滴管

(七)燒杯100 ml(半徑 2.5 cm)、250 ml(半徑 3.75 cm)、500 ml(半徑 5 cm)




(八)真實星狀仙人掌

(九)電子秤

		
<p>仿生星狀仙人掌</p>	<p>量筒</p>	<p>星狀仙人掌支架</p>
		
<p>水</p>	<p>澆水器</p>	<p>滴管</p>

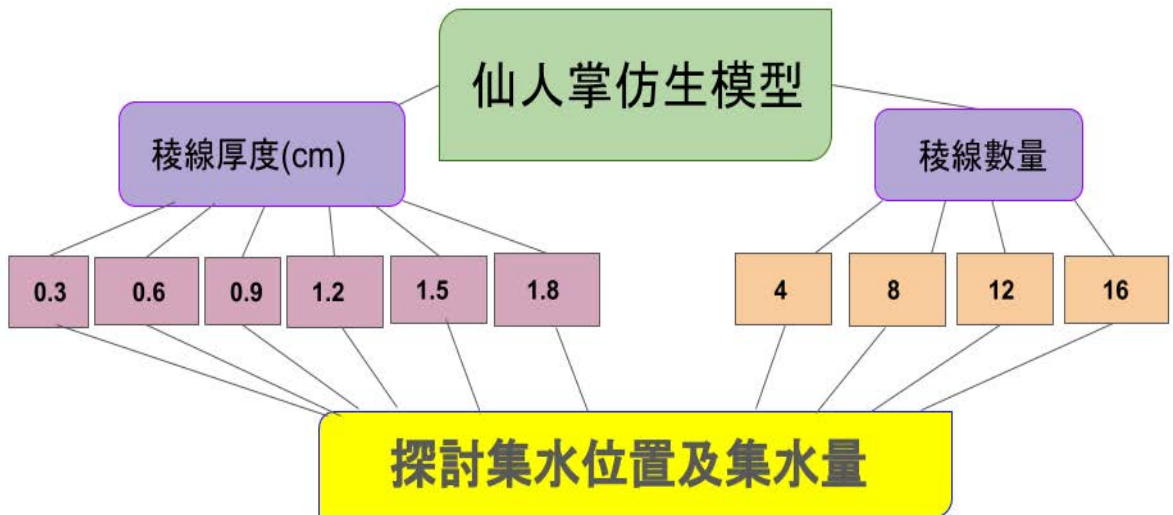
		
燒杯 100 ml	燒杯 250 ml	燒杯 500 ml
		
星狀仙人掌(真株)、(13瓣)，瓣基部厚度1.5 公分(星球屬)		手持式顯微鏡
		
電子秤(磅秤)		方型塑膠盆

二、工具

		
3D列印機	excel	tinkercad

肆、研究過程或方法

研究架構



實驗準備

1. 用程式(tinkercad)做出模型，3D列印，如圖1

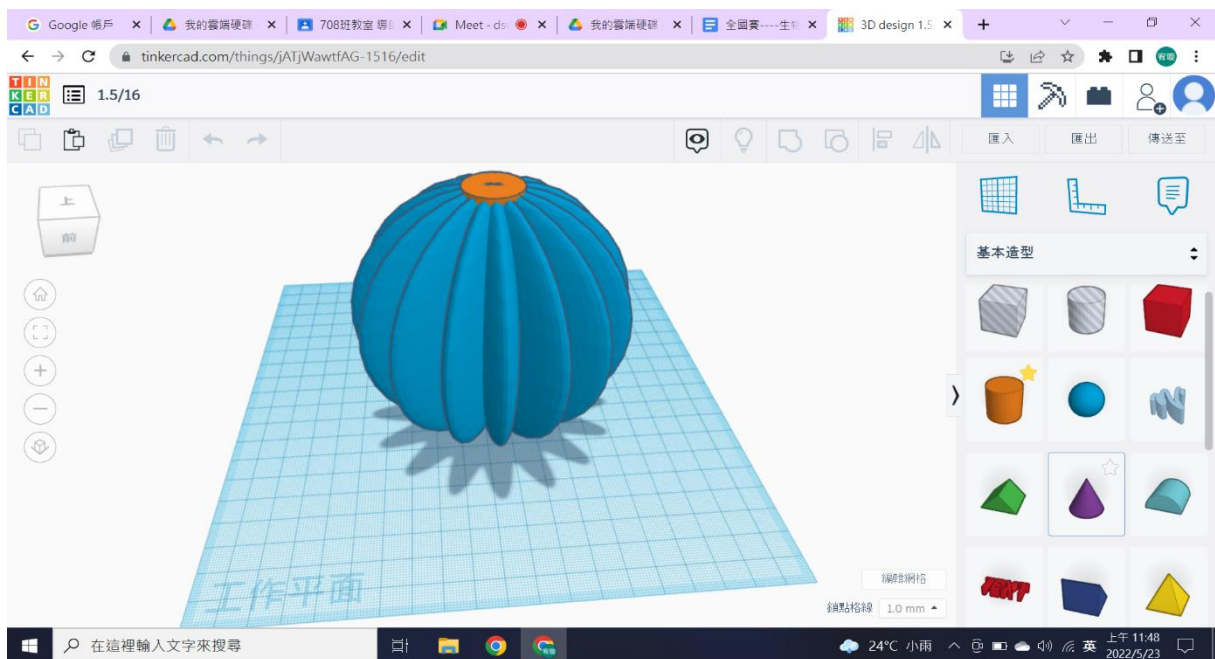


圖1、用tinkercad做出星狀仙人掌模型

2.準備好24組稜線厚度為 0.3、0.6、0.9、1.2、1.5、1.8 cm，稜線數目為 4、8、12、16不同的星狀仙人掌，如圖2



圖2、仿生星狀仙人掌模型

3.分別裝在容量，形狀都一樣的容器(100 ml和 500 ml燒杯)中，100ml燒杯需放置在正中間接住仙人掌模型底部滴下的水，設計如圖3。



圖3、容器相同、大小一樣的燒杯、盆子

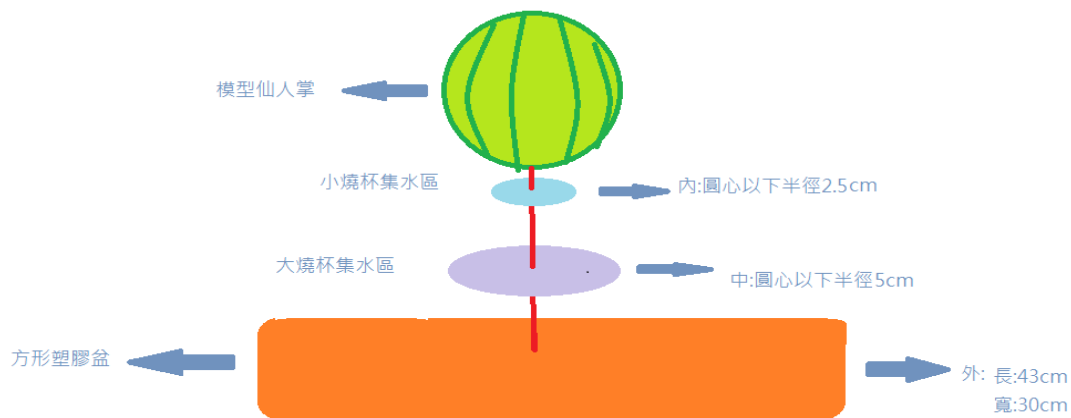


圖4、內中外收集水分設計解說圖

本設計模擬的攔截效果，參見圖4，為滴入內燒杯的水直接到達地面靠近根莖的位置可以快速被植物吸收，滴入外燒杯的水則只能到達距部較遠位置的地面，若未被攔截則收集在藍色的盆內。

實驗過程

一、探討真實星狀仙人掌集水量

- 1.把星狀仙人掌從土裡挖出
- 2.根部的土壤大致上清乾淨
- 3.放在容量、大小皆一致的燒杯(盆子)上
- 4.均勻噴灑100 ml水霧
- 5.測量星狀仙人掌攔水的集水量

二、探討仿生星狀仙人掌相同瓣數，不同稜線厚度的星狀仙人掌集水效果

- 1.固定星狀仙人掌仿生模型稜線瓣數
- 2.收集數據分析星狀仙人掌稜線厚度是否會影響攔截集水量

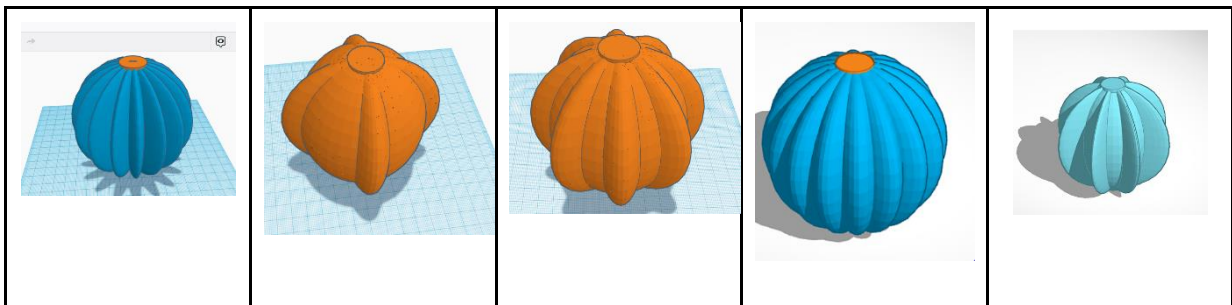
三、探討仿生星狀仙人掌相同稜線厚度，不同稜線瓣數星狀仙人掌的集水效果

- 1.固定星狀仙人掌仿生模型稜線厚度
- 2.收集數據分析星狀仙人掌稜線瓣數是否會影響攔截集水量

星球仙人掌介紹







星狀仙人掌是星球屬 (*Astrophytum Lem.*)植物。星狀仙人掌有針狀的葉子，並擁優良的保水適應力，多數生長於沙漠及半沙漠等乾燥少雨環境，星狀仙人掌為多肉植物的一類。目前仙人掌科的植物有174屬，仙人掌用途廣泛，可作觀賞植物、飼用或飼料，以及其他食物來源（特別是仙人掌的果實-火龍果）。胭脂紅是來自於生活在某些仙人掌的胭脂蟲之產物。

3D列印圖 (這裡用其中幾個模型代表)



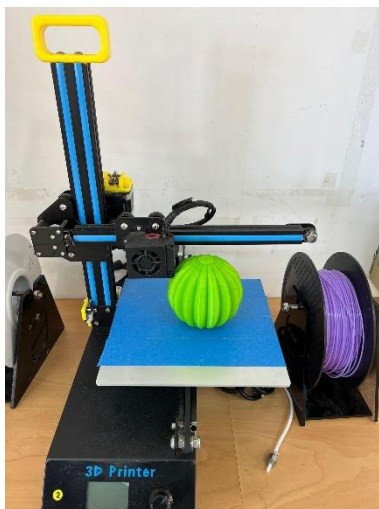
厚度(cm)/瓣數	列印圖	規格(cm)	厚度(cm)/瓣數	列印圖	規格(cm)
0.3/4		寬:10 高:10 瓣數厚度:0.3	1.2/4		寬:10 高:10 瓣數厚度:1.2
0.3/8		寬:10 高:10 瓣數厚度:0.3	1.2/8		寬:10 高:10 瓣數厚度:1.2

0.3/12		寬:10 高:10 瓣數厚度: 0.3	1.2/12		寬:10 高:10 瓣數厚度: 1.2
0.3/16		寬:10 高:10 瓣數厚 度:0.3	1.2/16		寬:10 高:10 瓣數厚度: 1.2
0.6/4		寬:10 高:10 瓣數厚度: 0.6	1.5/4		寬:10 高:10 瓣數厚度: 1.5
0.6/8		寬:10 高:10 瓣數厚度 0.6	1.5/8		寬:10 高:10 瓣數厚度: 1.5
0.6/12		寬:10 高:10 瓣數厚度: 0.6	1.5/12		寬:10 高:10 瓣數厚度: 1.5
0.6/16		寬:10 高:10 瓣數厚度: 0.6	1.5/16		寬:10 高:10 瓣數厚度: 1.5
0.9/4		寬:10 高:10 瓣數厚度: 0.9	1.8/4		寬:10 高:10 瓣數厚度: 1.8

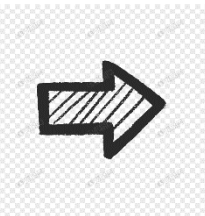
0.9/8		寬:10 高:10 瓣數厚度: 0.9	1.8/8		寬:10 高:10 瓣數厚度: 1.8
0.9/12		寬:10 高:10 瓣數厚度: 0.9	1.8/12		寬:10 高:10 瓣數厚度: 1.8
0.9/16		寬:10 高:10 瓣數厚度: 0.9	1.8/16		寬:10 高:10 瓣數厚度: 1.8

註:圖片可能為角度不同所導致看起來厚度不同

實驗流程圖



列印星狀仙人掌模型



架設模型



均勻噴出水霧

試驗過程：

1.噴灑設定：

- (1) 霧滴大小為模擬霧雨 (50-100 μm)
- (2) 水量固定噴灑角度 100 ml
- (3) 時間控制 1 min 40 sec。

2.量測燒杯中收集的水量：有些水霧會逸散到空氣中形成誤差。

- (1) 使用電子秤量測量內部小燒杯(尺寸 100 ml)集水質量，代表經由此模型結構攔水主要收集的水量會集中在根莖基部。
- (2) 使用電子秤量測量中部大燒杯(尺寸 500 ml)集水質量，代表經由此模型結構攔水主要收集的水量會溢流在根莖末端。
- (3) 使用電子秤量測量外部方型塑膠盆集水質量，代表無法被收集而散失的水分。

伍、研究結果

一、探討真實星狀仙人掌集水量

真實仙人掌稜線瓣樹13瓣，厚度1.5 cm，以模擬試驗中的噴灑方式測試，做了三次實驗，從表1的三次實驗平均中計算內部集水百分比，內部燒杯集水量比率為 **96.48%**，由此顯示真實仙人掌在我們的測試中能攔截的水佔比超過95%，而且所攔截的水都能直接到達根莖基部。

表1、真實星狀仙人掌集水量

稜線 數目	稜線 基部厚度	第一次(ml)	第二次(ml)	第三次(ml)	平均(ml)	百分比(%)

13	1.5 cm	內: 78.4 中: 2.9	內: 86.7 中: 2.8	內: 81.6 中: 3.5	內: 82.2 中: 3.0 總水量: 85.2	內: 96.47 中: 3.52
----	--------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------------------	---------------------

二、探討仿生星狀仙人掌相同瓣數，不同稜線厚度的星狀仙人掌集水效果

1. 固定四條稜線

由表2及圖5可知，稜線厚度 0.3、0.6、0.9、1.2、1.5、1.8 cm 集水量分別為：87.74%、93.69%、92.23%、69.13%、67.14%、87.21%，以稜線厚度0.6 cm 內部集水量最佳。

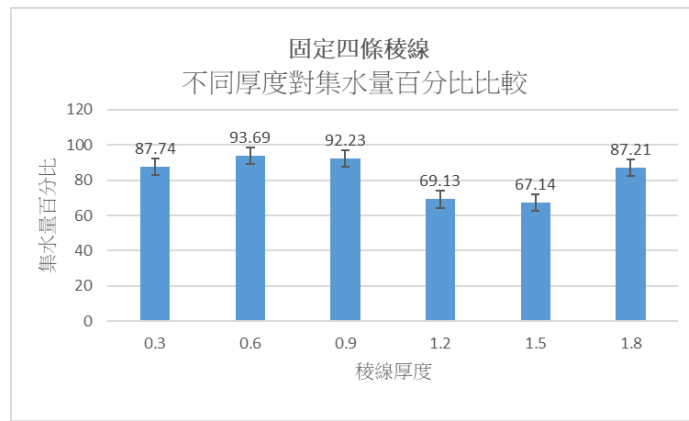


圖5、固定四條稜線，稜線厚度 0.3、0.6、0.9、1.2、1.5、1.8 cm 集水百分比

表2、固定四條稜線，稜線厚度 0.3、0.6、0.9、1.2、1.5、1.8 cm 三次集水量

稜線厚度(cm)	第一次(ml)	第二次(ml)	第三次(ml)	平均(ml)	百分比(%)
0.3	內:79.8 中: 6.3 外: 3.1	內:72.9 中:6.0 外:3.5	內:85.9 中:6.6 外:7.8	內:79.5 中:6.3 外:4.8 總水量:90.6	內:87.74 中:6.95 外:5.29
0.6	內:74.9 中: 4.2 外: 2.3	內:77.1 中:4.7 外:2.1	內:87.2 中:2.4 外:0.6	內:79.7 中:3.77 外:1.6 總水量:85.07	內:93.69 中:4.43 外:1.88
0.9	內:72.6 中: 8.1 外:3.1	內:79.2 中:3.7 外:0.9	內:90.4 中:3.9 外:0.7	內:80.73 中:5.23 外:1.57 總水量:87.53	內:92.23 中:5.98 外:1.79

1.2	內:88.4 中: 4.5 外: 0.1	內:51.4 中:29.9 外:9.1	內:51.0 中:33.0 外:8.6	內:63.6 中:22.47 外:5.93 總水量:92	內:69.13 中:24.42 外:6.46
1.5	內:55.4 中: 23.0 外: 9.8	內:60.7 中:6.8 外:9.9	內:52.7 中:25.4 外:7.7	內:56.2 中:18.4 外:9.1 總水量:83.7	內:67.14 中:21.98 外:10.87
1.8	內:69.4 中: 13.3 外: 2.3	內:79.4 中:6.2 外:3.8	內:78.5 中:4.9 外:2.9	內:75.7 中:8.1 外:3.0 總水量:86.8	內:87.21 中:9.33 外:3.46

2.固定八條稜線

由表3及圖6可知，稜線厚度 0.3，0.6，0.9，1.2，1.5，1.8 內部集水量分別為 69.52%、72.71%、87.50%、88.92%、71.75%、72.48%，以稜線厚度 1.2 cm 內部集水量最佳。

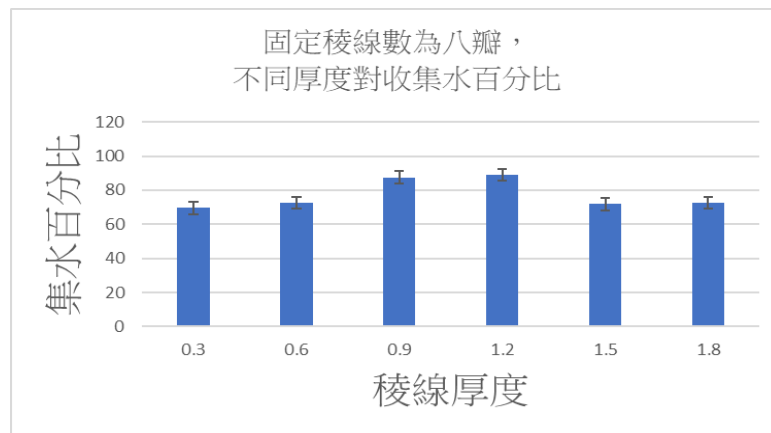


圖6、固定八條稜線，稜線厚度 0.3、0.6、0.9、1.2、1.5、1.8 cm 集水百分比

表3、固定八條稜線，稜線厚度 0.3、0.6、0.9、1.2、1.5、1.8 cm 三次集水量

稜線厚度(cm)	第一次(ml)	第二次(ml)	第三次(ml)	平均(ml)	百分比
0.3	內:63.3 中:21.8 外: 6.2	內:66.1 中:22.9 外:3.0	內:63.1 中:26.7 外:3.7	內:64.1 中:23.8 外:4.3 總水量:92.2	內:69.52 中:25.81 外:4.66
0.6	內:61.9 中:23.5 外: 4.8	內:65.2 中:21.6 外:4.0	內:71.2 中:17.3 外:3.3	內:66.1 中:20.8 外:4.0	內:72.71 中:22.88 外:4.4

				總水量:90.9	
0.9	內:87.5 中: 6.0 外: 2.4	內:85.0 中:8.2 外:2.1	內:77.5 中:14.5 外:2.8	內:約83.3 中:約9.5 外:約2.4 總水量:95.2	內:87.50 中:9.97 外: 2.52
1.2	內:83.8 中: 10.7 外: 0.5	內:83.2 中: 11.2 外: 0.6	內:86.0 中:8.9 外: 0.1	內:84.3 中:10.2 外:0.3 總水量:94.8	內:88.92 中:10.75 外:0.31
1.5	內:57.7 中: 31.1 外: 3.6	內:75.8 中: 16.0 外: 3.1	內:65.5 中: 21.7 外: 3.0	內:66.3 中:22.9 外:3.2 總水量:92.4	內:71.75 中:24.78 外: 3.46
1.8	內:66.0 中:16.5 外: 3.7	內:48.0 中: 33.3 外: 7.5	內:76.6 中: 8.7 外: 2.6	內:63.5 中:19.5 外:4.6 總水量:87.6	內:72.48 中:22.26 外: 5.25

3.固定十二條稜線

由表4及圖7可知，稜線厚度 0.3，0.6，0.9，1.2，1.5，1.8，內部集水量分別為73.49%、78.18%、93.75%、94.07%、77.10%、90.98%，**以稜線厚度 1.2 cm內部集水量最佳。**

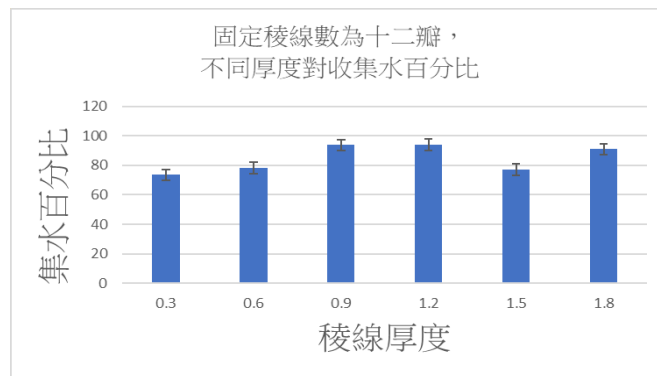


圖7、固定十二條稜線，稜線厚度 0.3、0.6、0.9、1.2、1.5、1.8 cm集水百分比

表4、固定十二條稜線，稜線厚度 0.3、0.6、0.9、1.2、1.5、1.8 cm三次集水量

稜線厚度(cm)	第一次(ml)	第二次(ml)	第三次(ml)	平均(ml)	百分比(%)

0.3	內:64.2 中: 24.6 外: 2.3	內:65.5 中:26.3 外:2.2	內:75.1 中:16.5 外:2.3	內:68.2 中:22.4 外:2.2 總水量:92.8	內:73.49 中:24.14 外:2.37
0.6	內:69.5 中: 19.7 外: 4.9	內:78.9 中:13.4 外:3.0	內:73.1 中:17.2 外:3.8	內:73.8 中:16.7 外:3.9 總水量:94.4	內:78.18 中:17.69 外:4.13
0.9	內:85.2 中: 9.0 外: 0.0	內:92.1 中:2.2 外:0.9	內:88.6 中:5.5 外:0.3	內:88.6 中:5.5 外:0.4 總水量:94.5	內:93.75 中:5.82 外: 0.42
1.2	內:85.4 中: 8.6 外:0.4	內:89.1 中: 4.9 外: 0.1	內:92.4 中: 2.8 外: 0.3	內:88.9 中:5.4 外:0.2 總水量:94.5	內:94.07 中: 5.71 外: 0.21
1.5	內:66.0 中: 22.8 外: 2.7	內:73.0 中:17.1 外: 1.8	內:72.4 中: 17.6 外: 1.1	內:70.4 中:19.1 外:1.8 總水量:91.3	內:77.10 中: 20.92 外: 1.97
1.8	內:79.7 中:7.2 外: 2.5	內:80.5 中:7.7 外: 0.9	內:82.0 中: 5.8 外: 0.4	內:80.7 中:6.9 外:1.1 總水量:88.7	內:90.98 中: 7.77 外: 1.24

4.固定十六條稜線

由表5及圖8可知，稜線厚度 0.3，0.6，0.9，1.2，1.5，1.8 內部集水量分別為:97.40%、82.53%、94.72%、97.76%、85.22%，內部集水量皆超過80%，以稜線厚度 1.5 cm內部集水量最佳。

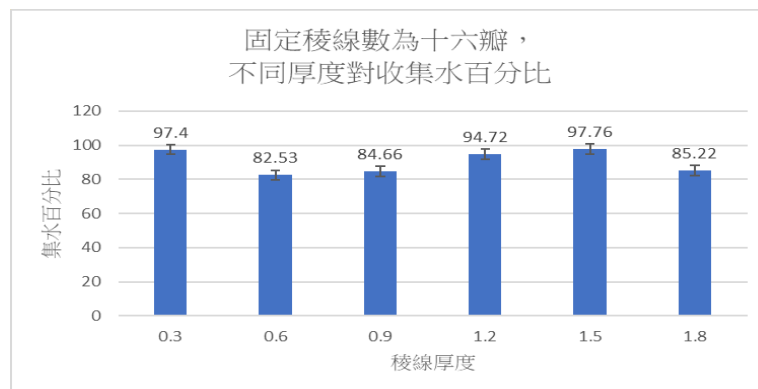


圖8、固定十六條稜線，稜線厚度 0.3、0.6、0.9、1.2、1.5、1.8 cm集水百分比

表5、固定十六條稜線，稜線厚度 0.3、0.6、0.9、1.2、1.5、1.8 cm三次集水量

稜線厚度(cm)	第一次(ml)	第二次(ml)	第三次(ml)	平均(ml)	百分比(%)
0.3	內:94.9 中:2.4 外: 0.4	內:91.9 中:2.4 外:0.6	內:93.6 中:1.5 外:0.1	內:93.5 中:2.1 外:0.37 總水量:96.0	內:97.40 中:2.18 外:0.39
0.6	內:78.3 中: 12.3 外: 1.6	內:71.7 中:19.8 外:1.4	內:80.5 中:11.2 外:2.5	內:76.83 中:14.43 外:1.83 總水量93.09	內:82.53 中:15.50 外:1.96
0.9	內:81.4 中: 12.2 外: 0.4	內:84.4 中:10.4 外:0.9	內:76.0 中:19.1 外:1.0	內:80.6 中:13.9 外:0.7 總水量:95.2	內:84.66 中:14.60 外:0.73
1.2	內:91.9 中:6.0 外:0.3	內:93.5 中: 3.3 外: 0.1	內:90.8 中:5.4 外: 0.3	內:92.0 中:4.9 外:0.2 總水量:97.1	內:94.74 中:5.04 外: 0.20
1.5	內:92.2 中: 1.3 外: 0.1	內:91.1 中: 2.3 外: 0.4	內:92.6 中: 2.2 外: 0.3	內:91.9 中:1.9 外:0.2 總水量:94.0	內:97.76 中: 2.02 外: 0.21
1.8	內:75.6 中: 4.7 外: 8.0	內:72.8 中: 6.0 外: 16.7	內:83.5 中: 1.2 外: 3.8	內:77.3 中:3.9 外:9.5 總水量:90.7	內:85.22 中: 4.29 外: 10.47

三、探討仿生星狀仙人掌相同稜線厚度，不同稜線瓣數星狀仙人掌的集水效果

1.固定星狀仙人掌稜線厚度: 0.3 cm

由表6及圖9可知，稜線數4、8、12、16內部集水量分別為：87.74%、69.52%、73.49、97.40%，**稜線數16者，內部集水量最佳。**

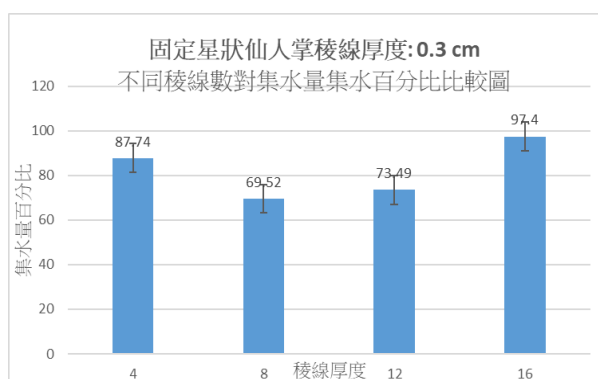


圖9、固定稜線厚度 0.3 cm，稜線數4、8、12、16內部集水量的集水百分比

表5、固定稜線厚度 0.3 cm，稜線數4、8、12、16三次集水量

稜線數	第一次(ml)	第二次(ml)	第三次(ml)	平均(ml)	百分比(%)
4	內:79.8 中: 6.3 外: 3.1	內:72.9 中:6.0 外:3.5	內:85.9 中:6.6 外:7.8	內:79.5 中:6.3 外:4.8 總水量:90.6	內:87.74 中:6.95 外:5.29
8	內:63.3 中:21.8 外: 6.2	內:66.1 中:22.9 外:3.0	內:63.1 中:26.7 外:3.7	內:64.1 中:23.8 外:4.3 總水量:92.2	內:69.52 中:25.81 外:4.66
12	內:64.2 中: 24.6 外: 2.3	內:65.5 中:26.3 外:2.2	內:75.1 中:16.5 外:2.3	內:68.2 中:22.4 外:2.2 總水量:92.8	內:73.49 中:24.14 外:2.37
16	內:94.9 中:2.4 外: 0.4	內:91.9 中:2.4 外:0.6	內:93.6 中:1.5 外:0.1	內:93.5 中:2.1 外:0.37 總水量:96.0	內:97.40 中:2.18 外:0.39

2.固定星狀仙人掌稜線厚度:0.6 cm

由表7及圖10可知，稜線數4、8、12、16內部集水量分別為 93.69%、72.71%、78.18%、82.53%，**稜線數4者內部集水量最佳。**

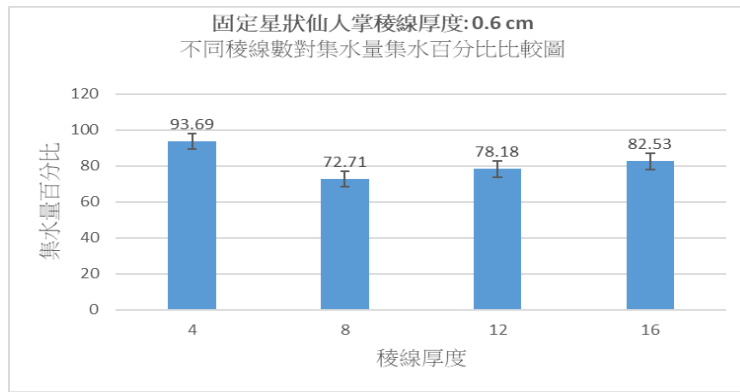


圖10、固定稜線厚度 0.6 cm，稜線數4、8、12、16內部集水量的集水百分比

表7、固定稜線厚度 0.6 cm，稜線數4、8、12、16三次集水量

稜線數	第一次(ml)	第二次(ml)	第三次(ml)	平均(ml)	百分比(%)
4	內:74.9 中: 4.2 外: 2.3	內:77.1 中:4.7 外:2.1	內:87.2 中:2.4 外:0.6	內:79.7 中:3.77 外:1.6 總水量:85.07	內:93.69 中:4.43 外:1.88
8	內:61.9 中:23.5 外: 4.8	內:65.2 中:21.6 外:4.0	內:71.2 中:17.3 外:3.3	內:66.1 中:20.8 外:4.0 總水量:90.9	內:72.71 中:22.88 外:4.4
12	內:69.5 中: 19.7 外: 4.9	內:78.9 中:13.4 外:3.0	內:73.1 中:17.2 外:3.8	內:73.8 中:16.7 外:3.9 總水量:94.4	內:78.18 中:17.69 外:4.13
16	內:78.3 中: 12.3 外: 1.6	內:71.7 中:19.8 外:1.4	內:80.5 中:11.2 外:2.5	內:76.83 中:14.43 外:1.83 總水量:93.09	內:82.53 中:15.50 外:1.96

3.固定星狀仙人掌稜線厚度:0.9 cm

由表8及圖11可知，稜線數4、8、12、16內部集水量分別為 92.33%、87.50%、93.75%、84.66%，**稜線數 12者內部集水量最佳。**

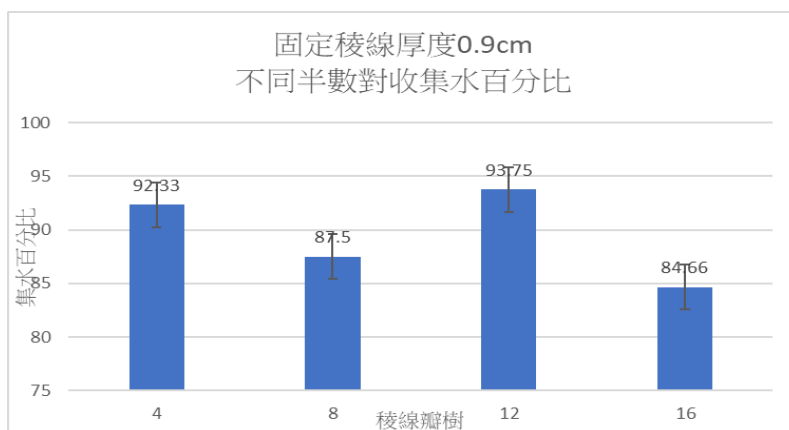


圖11、固定稜線厚度 0.9 cm，稜線數4、8、12、16內部集水量的集水百分比

表8、固定稜線厚度 0.9 cm，稜線數4、8、12、16三次集水量

稜線數	第一次(ml)	第二次(ml)	第三次(ml)	平均(ml)	百分比(%)
4	內: 72.6 中: 8.1 外: 3.1	內:79.2 中:3.7 外:0.9	內:90.4 中:3.9 外:0.7	內:80.7 中:5.2 外:1.5 總水量:87.4	內: 92.33 中: 5.94 外: 1.71
8	內: 87.5 中: 6.0 外: 2.4	內:85.0 中:8.2 外:2.1	內:77.5 中:14.5 外:2.8	內:約83.3 中:約9.5 外:約2.4 總水量:95.2	內: 87.50 中: 9.97 外: 2.52
12	內: 85.2 中: 9.0 外: 0.0	內: 92.1 中: 2.2 外: 0.9	內: 88.6 中: 5.5 外: 0.3	內: 88.6 中: 5.5 外: 0.4 總水量: 94.5	內: 93.75 中: 5.82 外: 0.42
16	內:81.4 中: 12.2 外: 0.4	內:84.4 中:10.4 外:0.9	內:76.0 中:19.1 外:1.0	內:80.6 中:13.9 外:0.7 總水量:95.2	內:84.66 中:14.60 外:0.73

4.固定星狀仙人掌稜線厚度:1.2 cm

由表9及圖12可知，稜線數4、8、12、16內部集水量分別為 69.13%、60%、84.07%、89.72%，**稜線數16者內部集水量最佳。**

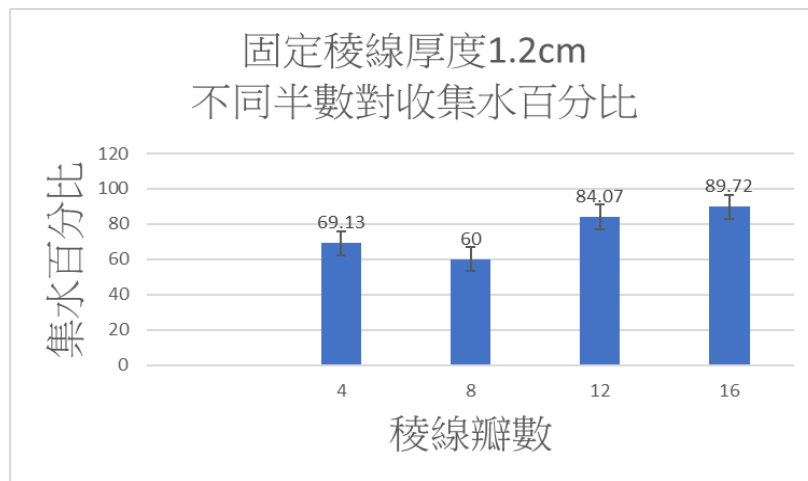


圖12、固定稜線厚度 1.2 cm，稜線數4、8、12、16內部集水量的集水百分比

表9、固定稜線厚度1.2 cm，稜線數4、8、12、16三次集水量

稜線數	第一次(ml)	第二次(ml)	第三次(ml)	平均(ml)	百分比 (%)
4	內: 88.4 中: 4.5 外: 0.1	內: 51.4 中: 29.9 外: 9.1	內: 51.0 中: 33.0 外: 8.6	內: 63.6 中: 22.4 外: 5.9 總水量: 91.9	內: 69.13 中: 24.42 外: 6.45
8	內: 57.3 中: 32.2 外: 4.3	內: 58.3 中: 46.2 外: 6.3	內: 63.2 中: 25.0 外: 5.2	內:約59.6 中:約34.4 外:約5.2 總水量:99.3	內: 60 中: 34.7 外: 5.3
12	內: 79.4 中: 12.2 外:1.5	內: 78.6 中: 13.1 外: 1.7	內: 77.0 中: 14.9 外: 1.1	內:約78.3 中:約13.4 外:約1.4 總水量:93.1	內: 84.07 中: 14.38 外: 1.54
16	內: 89.2 中: 6.7 外: 0.5	內: 80.9 中: 10.6 外: 1.8	內: 84.8 中: 7.8 外: 1.8	內: 84.9 中: 8.3 外: 1.3 總水量: 94.5	內: 89.72 中: 8.83 外: 1.44

5.固定星狀仙人掌稜線厚度:1.5 cm

由表10及圖13可知，稜線數4、8、12、16內部集水量分別為 62.24%、67.86%、84.91%、95.13%，**稜線數16者內部集水量最佳。**

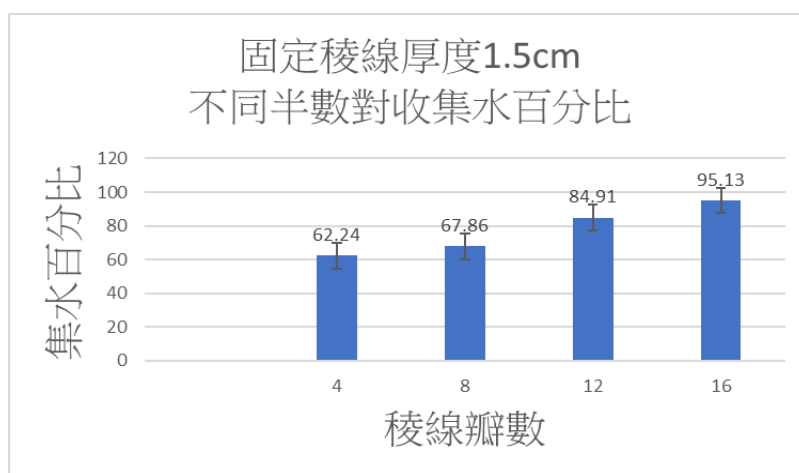


圖13、固定稜線厚度 1.5 cm，稜線數4、8、12、16內部集水量的集水百分比

表10、固定稜線厚度1.5 cm，稜線數4、8、12、16三次集水量

稜線數	第一次(ml)	第二次(ml)	第三次(ml)	平均(ml)	百分比(%)
4	內:52.3 中: 25.5 外: 11.4	內:55.9 中:23.6 外:9.8	內:58.8 中:19.3 外:11.7	內:約55.5 中:約22.8 外:約10.9 總水量:89.2	內:62.24 中:25.49 外:12.26
8	內:59.4 中:29.7 外:4.4	內:60.9 中:24.7 外:2.0	內:66.6 中:24.3 外:3.4	內:62.3 中:26.23 外:3.2 總水量:91.8	內:67.86 中:28.58 外:3.56
12	內:78.0 中:13.6 外:1.4	內:81.6 中:10.9 外:1.0	內:78.5 中:12.7 外:2.7	內:79.36 中:12.4 外:1.7 總水量:93.4	內:84.91 中:13.27 外:1.82
16	內:87.2 中: 3.6 外:1.1	內:82.8 中:4.1 外:2.3	內:91.7 中:1.4 外:0.9	內:87.2 中:3.03 外:1.4 總水量:91.7	內:95.13 中:3.31 外:1.56

6.固定星狀仙人掌稜線厚度:1.8 cm

由表11及圖14可知，稜線數4、8、12、16內部集水量分別為69.95%、74.6%、92.29%、96.54%，**稜線數16者內部集水量最佳。**

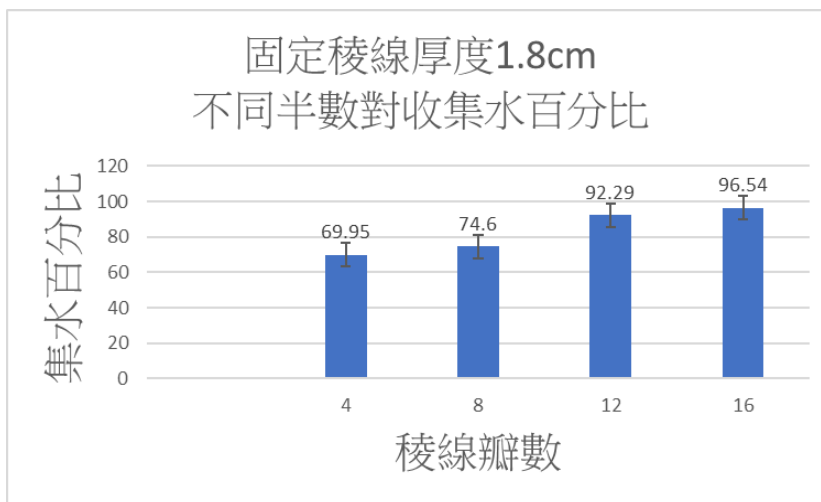


圖14、固定稜線厚度 1.8 cm，稜線數4、8、12、16內部集水量的集水百分比

表11、固定稜線厚度1.8 cm，稜線數4、8、12、16三次集水量

稜線數	第一次(ml)	第二次(ml)	第三次(ml)	平均(ml)	百分比(%)
4	內: 66.9 中: 16.4 外: 1.7	內: 52.8 中: 19.3 外: 13.8	內: 63.0 中: 13.5 外: 13.8	內: 60.9 中: 16.4 外: 9.7 總水量: 87.06	內: 69.95 中: 18.83 外: 11.21
8	內: 61.7 中: 20.7 外: 6.1	內: 60.1 中: 17.1 外: 7.8	內: 69.5 中: 9.5 外: 3.9	內: 63.7 中: 15.7 外: 5.9 總水量: 85.46	內: 74.6 中: 18.44 外: 6.94
12	內: 82.1 中: 4.7 外: 2.7	內: 86.2 中: 5.5 外: 1.0	內: 87.9 中: 3.6 外: 6.2	內: 85.4 中: 4.6 外: 2.53 總水量: 92.53	內: 92.29 中: 4.97 外: 2.73
16	內: 94.4 中: 1.9 外: 0.1	內: 84.8 中: 2.0 外: 1.8	內: 86.6 中: 1.4 外: 2.3	內: 88.6 中: 1.7 外: 1.4 總水量: 91.76	內: 96.54 中: 1.92 外: 1.52

陸、討論

一、探討真實星狀仙人掌集水量

內部集水量比率為**96.48%**，集水效率非常好。真實星狀仙人掌的厚度為1.5公分，瓣數13，瓣厚度大且數量多利於攔水，而且莖表面材質非常光滑有蠟不易滯留水分，具有厭水性。根據文獻探討，圓錐形的物體要比圓柱形的物體能夠聚集更多的水分，有凹槽的表面比沒有凹槽的表面讓水分子流動的更快(Dev Gurera,2018)。

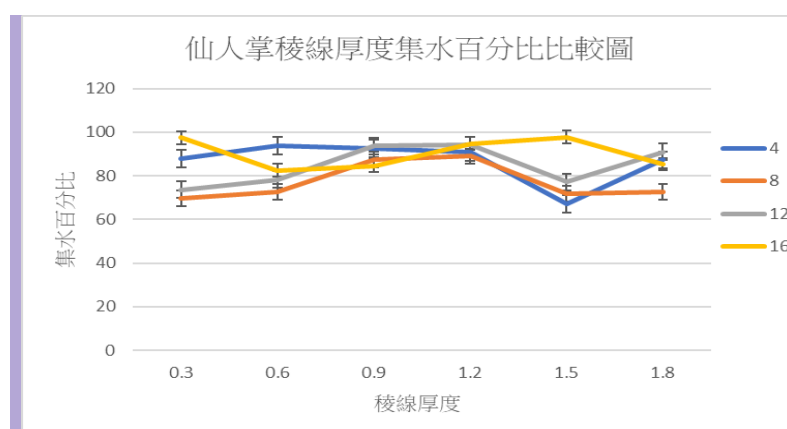
在乾旱和沙漠地區存活的仙人掌科(*Cactaceae*)植物，最大特徵是葉片特化成短刺狀，以減少水分蒸發和流失，透過尖刺(spines)和莖收集空氣中的霧氣或露水利用。潮濕空氣中的水氣最初會在尖刺的倒鉤上凝結沈積成微水滴，從每個尖刺的尖端沿著梯度凹槽、定向移動到底部的毛狀體，半秒內即被莖吸收(賴婉婷等,2017)。

由於星狀仙人掌外形結構給我們啟示，所以，我們列印稜線數量及厚薄不同仿生仙人掌，探討是否對攔截水霧有差異。

二、探討仿生星狀仙人掌相同瓣數，不同稜線厚度的星狀仙人掌集水效果

實驗時稜線厚度厚的星狀仙人掌在澆水時因為厚度厚，稜線之間的縫隙較小，較容易控制水的流向，水也就較集中

實驗時稜線厚度薄的星狀仙人掌在澆水時因為厚度薄，稜線之間的縫隙較大，較不容易控制水的流向，水也較不集中



星狀仙人掌稜線厚度集水量比較圖

仿生仙人掌集水量幾乎都是在67%-98%之間，而在瓣數為4，厚度0.6的星狀仙人掌總集水量最好，在瓣數為8，厚度1.2的星狀仙人掌總集水量最好，在瓣數為12，厚度1.2的星狀仙人掌總集水量最好，在瓣數為16，厚度1.5的星狀仙人掌總集水量最好，集水百分比可達97.7

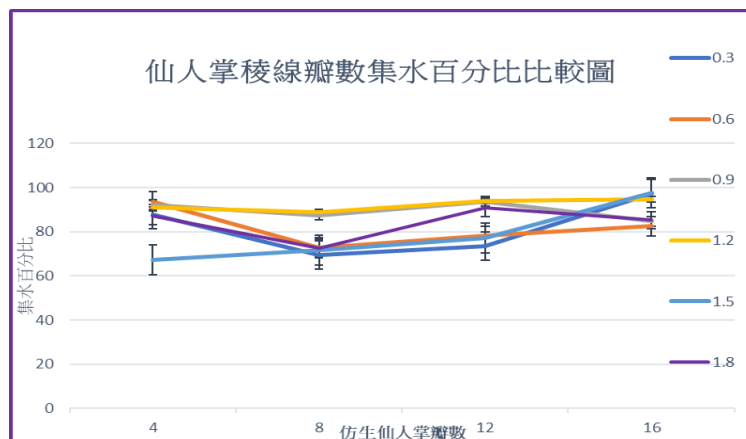
6%。

三、探討仿生星狀仙人掌相同稜線厚度，不同稜線瓣數星狀仙人掌的集水效果

3D列印建模的過程當中，我們固定仙人掌主體的尺度，因此可以知道中心主體的表面積固定的條件下，整體的表面積隨著瓣數的增加會有上升的趨勢，由此可知瓣數跟表面積兩者呈正相關。

因為瓣數較多的星狀仙人掌接觸水的面積比較大，接到的水就較多，稜線縫隙較小，形成了一道道的軌道來控制水的流向，集水量及集水位置較好。

實驗結果厚的集水量幾乎都較好，而在厚的稜線瓣數中，在相同稜線厚度中，16瓣的內部集水量最多，因為厚的稜線間隙較小且較圓滑，所以水會直接流到根部進行吸收，而薄的稜線因為稜線間隙窄且較平直，所以集水量較差，而厚的稜線相當於水的軌道，讓水順著軌道向下流入根部。



星狀仙人掌稜線瓣數集水量比較圖

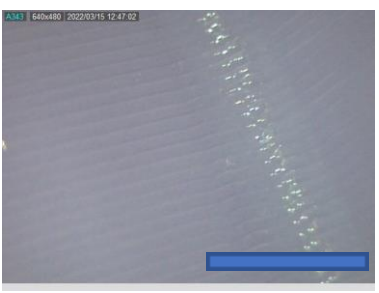
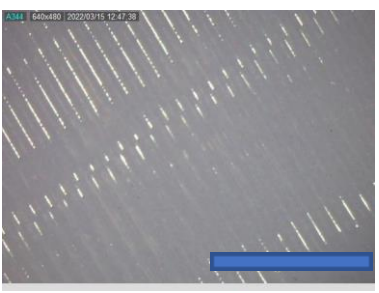
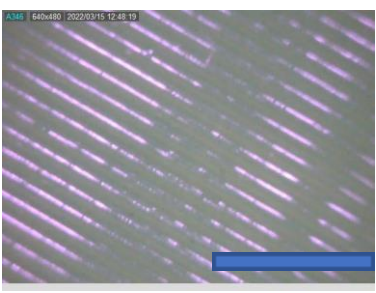

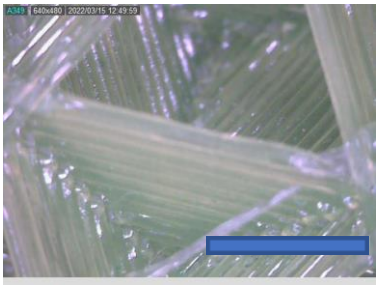
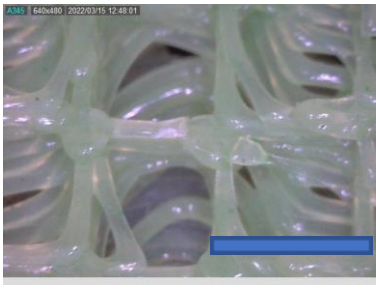



仿生仙人掌集水量都在60%-98%之間，而在厚度 0.3、0.6、0.9、1.2、1.5、1.8 cm，瓣數為16的星狀仙人掌總集水量大多是最佳。

星狀仙人掌材質探討

做完星狀仙人掌實驗後，我們發現3D列印的星狀仙人掌跟真實星狀仙人掌，在瓣數及厚薄相同時，比較起來集水量較少，所以我們就想知道是否是因為材質不同所導致的，我們用手持式顯微鏡觀察，發現真實星狀仙人掌的表面較為光滑，水能直接流到集水區，3D列印星狀仙人掌的表面較為粗糙，水也就殘留在表面的水量較多，但是莖的表面是不能夠吸水的，所以水滯留表面是沒有用的。

星狀仙人掌和3D列印星狀仙人掌模型比較圖

	真實星狀仙人掌	3D列印星狀仙人掌模型
材質	植物表皮細胞	PLA(Polylactic Acid 聚乳酸)
集水量	較好	較差
原因	表皮較光滑	表皮較粗糙
結論	真實星狀仙人掌集水量較3D列印模型好	

		
星狀仙人掌模型材質	星狀仙人掌模型材質	星狀仙人掌模型材質
		
星狀仙人掌模型材質	星狀仙人掌模型(內部)材質	星狀仙人掌模型(內部)材質
		
真實星狀仙人掌材質	真實星狀仙人掌材質	真實星狀仙人掌材質

代表:1 mm



柒、結論

一、探討真實星狀仙人掌集水量

集水量可以達到(96.48%)，比相同瓣數及厚度仿生星狀仙人掌佳。

二、探討仿生星狀仙人掌相同瓣數，不同稜線厚度的星狀仙人掌集水效果

1.瓣數16、稜線厚度1.5 cm集水量愈好，可以達到97.76%。

2.瓣數越多集水量愈好，內部集水量皆超過80%。

三、探討仿生星狀仙人掌相同稜線厚度，不同稜線瓣數星狀仙人掌的集水效果

1.厚度相同，瓣數8的集水量較差，僅有60.0%。

2.瓣數16集水量愈好，最佳達到97.40%。

捌、參考資料及其他

1.星狀仙人掌與多肉植物大全(有星類仙人掌)

2. [Dev Gurera](#) and [Bharat Bhushan](#) , Designing bioinspired surfaces for water collection from fog Philos Trans A Math Phys Eng Sci. 377(2138): 20180269.

3.可從空氣中高效集水的新仿生表面 賴婉婷等 國立臺灣博物館研究組 2017/01/06

附錄

探討仿生星狀仙人掌稜線厚度、瓣數是否會影響集水量、集水位置

1、第一次實驗結果(在第一次實驗中每顆模型都做三次實驗)

稜線厚度(cm) /瓣數	第一次(ml)	第二次(ml)	第三次(ml)	平均(ml)	百分比(%)
0.3/4	內:79.8 中: 6.3 外: 3.1	內:72.9 中:6.0 外:3.5	內:85.9 中:6.6 外:7.8	內:79.5 中:6.3 外:4.8 總水量:90.6	內:87.74 中:6.95 外:5.29
0.3/8	內:63.3 中:21.8 外: 6.2	內:66.1 中:22.9 外:3.0	內:63.1 中:26.7 外:3.7	內:64.1 中:23.8 外:4.3 總水量:92.2	內:69.52 中:25.81 外:4.66
0.3/12	內:64.2	內:65.5	內:75.1	內:68.2	內:73.49 中:

	中: 24.6 外: 2.3	中:26.3 外:2.2	中:16.5 外:2.3	中:22.4 外:2.2 總水量:92.8	24.14 外:2.37
0.3/16	內:94.9 中:2.4 外: 0.4	內:91.9 中:2.4 外:0.6	內:93.6 中:1.5 外:0.1	內:93.5 中:2.1 外:0.37 總水量:96.0	內:97.40 中:2.18 外:0.39
0.6/4	內:74.9 中: 4.2 外: 2.3	內:77.1 中:4.7 外:2.1	內:87.2 中:2.4 外:0.6	內:79.7 中:3.77 外:1.6 總水量:85.07	內:93.69 中: 4.43 外:1.88
0.6/8	內:61.9 中:23.5 外: 4.8	內:65.2 中:21.6 外:4.0	內:71.2 中:17.3 外:3.3	內:66.1 中:20.8 外:4.0 總水量:90.9	內:72.71 中: 22.88 外:4.4
0.6/12	內:69.5 中: 19.7 外: 4.9	內:78.9 中:13.4 外:3.0	內:73.1 中:17.2 外:3.8	內:73.8 中:16.7 外:3.9 總水量:94.4	內:78.18 中:17.69 外:4.13
0.6/16	內:78.3 中: 12.3 外: 1.6	內:71.7 中:19.8 外:1.4	內:80.5 中:11.2 外:2.5	內:76.83 中:14.43 外:1.83 總水量:93.09	內:82.53 中:15.50 外:1.96
0.9/4	內:72.6 中: 8.1 外:3.1	內:79.2 中:3.7 外:0.9	內:90.4 中:3.9 外:0.7	內:80.7 中:5.2 外:1.5 總水量:87.4	內:92.33 中:5.94 外: 1.71
0.9/8	內:87.5 中: 6.0 外: 2.4	內:85.0 中:8.2 外:2.1	內:77.5 中:14.5 外:2.8	內:約83.3 中:約9.5 外:約2.4 總水量:95.2	內:87.50 中:9.97 外: 2.52
0.9/12	內:85.2 中: 9.0 外: 0.0	內:92.1 中:2.2 外:0.9	內:88.6 中:5.5 外:0.3	內:88.6 中:5.5 外:0.4 總水量:94.5	內:93.75 中:5.82 外: 0.42
0.9/16	內:81.4 中: 12.2 外: 0.4	內:84.4 中:10.4 外:0.9	內:76.0 中:19.1 外:1.0	內:80.6 中:13.9 外:0.7 總水量:95.2	內:84.66 中:14.60 外:0.73

1.2/4	內:78.6 中: 7.0 外: 0.3	內:87.5 中:6.9 外: 0.7	內:67.7 中:3.6 外: 1.0	內:77.9 中:5.8 外:2.0 總水量:85.7	內:90.89 中: 6.76 外: 2.33
1.2/8	內:83.8 中: 10.7 外: 0.5	內:83.2 中: 11.2 外: 0.6	內:86.0 中:8.9 外: 0.1	內:84.3 中:10.2 外:0.3 總水量:94.8	內:88.92 中:10.75 外:0.31
1.2/12	內:85.4 中: 8.6 外:0.4	內:89.1 中: 4.9 外: 0.1	內:92.4 中: 2.8 外: 0.3	內:88.9 中:5.4 外:0.2 總水量:94.5	內:94.07 中: 5.71 外: 0.21
1.2/16	內:91.9 中:6.0 外:0.3	內:93.5 中: 3.3 外: 0.1	內:90.8 中:5.4 外: 0.3	內:92.0 中:4.9 外:0.2 總水量:97.1	內:94.74 中:5.04 外: 0.20
1.5/4	內:55.4 中:23.0 外: 9.8	內:60.7 中: 6.8 外: 9.9	內:52.7 中:25.4 外: 7.7	內:56.2 中:18.4 外:9.1 總水量:83.7	內:67.14 中: 21.83 外: 10.87
1.5/8	內:57.7 中: 31.1 外: 3.6	內:75.8 中: 16.0 外: 3.1	內:65.5 中: 21.7 外: 3.0	內:66.3 中:22.9 外:3.2 總水量:92.4	內:71.75 中:24.78 外: 3.46
1.5/12	內:66.0 中: 22.8 外: 2.7	內:73.0 中:17.1 外: 1.8	內:72.4 中: 17.6 外: 1.1	內:70.4 中:19.1 外:1.8 總水量:91.3	內:77.10 中: 20.92 外: 1.97
1.5/16	內:92.2 中: 1.3 外: 0.1	內:91.1 中: 2.3 外: 0.4	內:92.6 中: 2.2 外: 0.3	內:91.9 中:1.9 外:0.2 總水量:94.0	內:97.76 中: 2.02 外: 0.21
1.8/4	內:69.4 中:13.3 外: 2.3	內:79.4 中: 6.2 外: 3.8	內:78.5 中: 4.9 外: 2.9	內:75.7 中:8.1 外:3.0 總水量:86.8	內:87.21 中:9.33 外: 3.45

1.8/8	內:66.0 中:16.5 外: 3.7	內:48.0 中: 33.3 外: 7.5	內:76.6 中: 8.7 外: 2.6	內:63.5 中:19.5 外:4.6 總水量:87.6	內:72.48 中:22.26 外: 5.25
1.8/12	內:79.7 中:7.2 外: 2.5	內:80.5 中:7.7 外: 0.9	內:82.0 中: 5.8 外: 0.4	內:80.7 中:6.9 外:1.1 總水量:88.7	內:90.98 中: 7.77 外: 1.24
1.8/16	內:75.6 中: 4.7 外: 8.0	內:72.8 中: 6.0 外: 16.7	內:83.5 中: 1.2 外: 3.8	內:77.3 中:3.9 外:9.5 總水量:90.7	內:85.22 中: 4.29 外: 10.47

2、第二次實驗結果(在第二次實驗中每顆模型都做三次實驗)

稜線厚度(cm) 瓣數	第一次(ml)	第二次(ml)	第三次(ml)	平均(ml)	百分比(%)
0.3/4	內:85.7 中: 4.3 外: 1.0	內:86.9 中:206 外:1.4	內:85.6 中:2.4 外:0.8	內:86.0 中:3.1 外:1.0 總水量:90.1	內:95.44 中:3.44 外:1.10
0.3/8	內:86.2 中:7.3 外: 0.6	內:91.5 中3.4 外:0.5	內:90.0 中:3.9 外:0.5	內:89.2 中:4.8 外:0.6 總水量:94.6	內:94.29 中:5.07 外:0.63
0.3/12	內:93.4 中: 4.6 外:0.3	內:89.0 中:2.9 外:0.1	內:89.6 中:4.6 外:0.8	內:90.6 中:4.0 外:0.4 總水量:95	內:95.36 中:4.21 外:0.42
0.3/16	內:85.4 中:6.3 外:1.4	內82.2 中:7.9 外:1.2	內:84.9 中:7.0 外:1.5	內:84.1 中:7.0 外:1.3 總水量:92.4	內:91.01 中:7.57 外:1.40
0.6/4	內:88.8 中:2.4 外:0.3	內:83.3 中:2.3 外:0.9	內:84.2 中:3.6 外:0.8	內:85.4 中:2.7 外:0.6 總水量:88.7	內:96.27 中:3.04 外:0.67
0.6/8	內:88.5 中:4.4 外: 0.1	內:65.3 中:20.6 外:2.7	內:63.1 中:23.6 外:3.6	內:72.3 中:16.2 外:2.1	內:79.80 中:17.88 外:2.31

				總水量:90.6	
0.6/12	內:71.9 中: 18.1 外:1.6	內:78.5 中:11.5 外:1.9	內:81.8 中:8.5 外:1.3	內:77.4 中:12.7 外:1.6 總水量:91.7	內:84.40 中:13.84 外:1.74
0.6/16	內:90.9 中: 3.4 外: 0.0	內:86.1 中:5.3 外:0.2	內:89.9 中:3.2 外:0.4	內:88.9 中:3.9 外:0.2 總水量:93	內:95.59 中:4.19 外:0.21
0.9/4	內:59.6 中: 23.2 外:1.6	內:51.9 中:26.4 外:6.8	內:62.1 中:18.4 外:7.3	內:57.8 中:22.6 外:5.2 總水量:85.6	內:67.52 中:26.40 外:6.07
0.9/8	內:68.0 中: 34.4 外: 7.4	內:71.0 中:19.2 外:3.1	內:68.0 中:18.8 外:4.0	內:69.0 中:24.1 外:4.8 總水量:97.9	內:70.48 中:24.61 外: 4.90
0.9/12	內:83.6 中:7.4 外:2.6	內:84.5 中:6.1 外:2.3	內:74.1 中:15.8 外:3.1	內:80.7 中:9.7 外:2.6 總水量:93	內:86.77 中:10.43 外: 2.79
0.9/16	內:81.3 中: 13.5 外:0.4	內:84.0 中:10.8 外:0.1	內:81.5 中:14.1 外:1.0	內:82.2 中:12.8 外:0.5 總水量:95.5	內:86.07 中:13.40 外: 0.52
1.2/4	內:88.4 中: 4.5 外: 0.1	內:51.4 中:29.9 外:9.1	內:51.0 中:33.0 外: 8.6	內:63.6 中:22.4 外:5.9 總水量:91.9	內:69.20 中: 24.37 外: 6.42
1.2/8	內:57.3 中: 32.2 外:4.3	內:58.3 中: 16.2 外: 6.3	內:63.2 中:25.0 外: 5.2	內:59.6 中:24.4 外:5.2 總水量:89.2	內:66.81 中:27.35 外:5.82
1.2/12	內:79.4 中:12.2 外:1.5	內:78.6 中:13.1 外: 1.7	內:77.0 中: 14.9 外: 1.1	內:78.3 中:13.4 外:1.4 總水量:93.1	內:84.10 中: 14.39 外:1.50
1.2/16	內:89.2	內:80.9	內:84.8	內:84.9	內:89.84

	中:6.7 外:0.5	中: 10.6 外:1.8	中:7.8 外:1.8	中:8.3 外:1.3 總水量:94.5	中:8.78 外: 1.37
1.5/4	內:52.3 中:25.5 外: 11.4	內:55.6 中:23.6 外: 9.8	內:58.8 中:19.3 外: 11.7	內:55.5 中:22.8 外:10.9 總水量:89.2	內:62.21 中: 25.56 外: 12.21
1.5/8	內:59.4 中: 29.7 外: 4.4	內:60.9 中: 24.7 外:2.0	內:66.6 中: 24.3 外:3.4	內:62.3 中:22.9 外:3.2 總水量:88.4	內:70.47 中: 25.90 外: 3.61
1.5/12	內:78.0 中: 13.6 外:1.4	內:81.6 中:10.9 外: 1.0	內:78.5 中: 12.7 外: 2.7	內:79.3 中:12.4 外:1.5 總水量:93.2	內:85.08 中: 13.30 外: 1.60
1.5/16	內:87.2 中: 3.6 外: 1.1	內:82.8 中: 4.1 外: 2.3	內:91.7 中: 1.4 外: 0.9	內:87.2 中:3.0 外:3.7 總水量:93.9	內:92.86 中: 3.19 外: 3.94
1.8/4	內:66.9 中:16.4 外: 1.7	內:52.8 中: 19.3 外: 13.8	內:63.0 中: 13.5 外: 13.8	內:60.9 中:16.4 外:9.7 總水量:87.0	內:70.0 中:18.85 外: 11.14
1.8/8	內:61.7 中:20.7 外: 6.1	內:60.1 中: 17.1 外: 7.8	內:69.5 中: 9.6 外: 3.9	內:63.7 中:15.8 外:5.9 總水量:85.4	內:74.59 中:18.50 外: 6.90
1.8/12	內:82.1 中:4.7 外: 2.7	內:86.2 中:5.5 外: 1.0	內:87.9 中: 3.6 外: 6.2	內:85.4 中:4.6 外:3.3 總水量:93.3	內:91.53 中:4.93 外: 3.53
1.8/16	內:94.4 中: 1.9 外: 0.1	內:84.8 中: 2.0 外: 1.8	內:86.6 中: 1.4 外: 2.3	內:88.6 中:1.7 外:1.4 總水量:91.7	內:96.61 中: 1.85 外: 1.52

【評語】 030306

本研究根據星狀仙人掌的形狀、瓣數以及基部厚度等物理數據，利用 3D 印刷仿生模型，來檢測與歸納仙人掌形態在聚水性質上的差異，本研究富有創意。未來可以延伸探討的面向建議如下：

1. 探討生物體表面的性質是否影響水滴停留，例如：仙人掌表面微觀結構、刺與細毛的存在與否。
2. 模擬實際降雨進行測試，改變降雨角度與水滴大小。
3. 納入其他耐旱植物進行比較性研究。
4. 將研究的成果實際應用在少雨地區，增加集水效能。

作品簡報

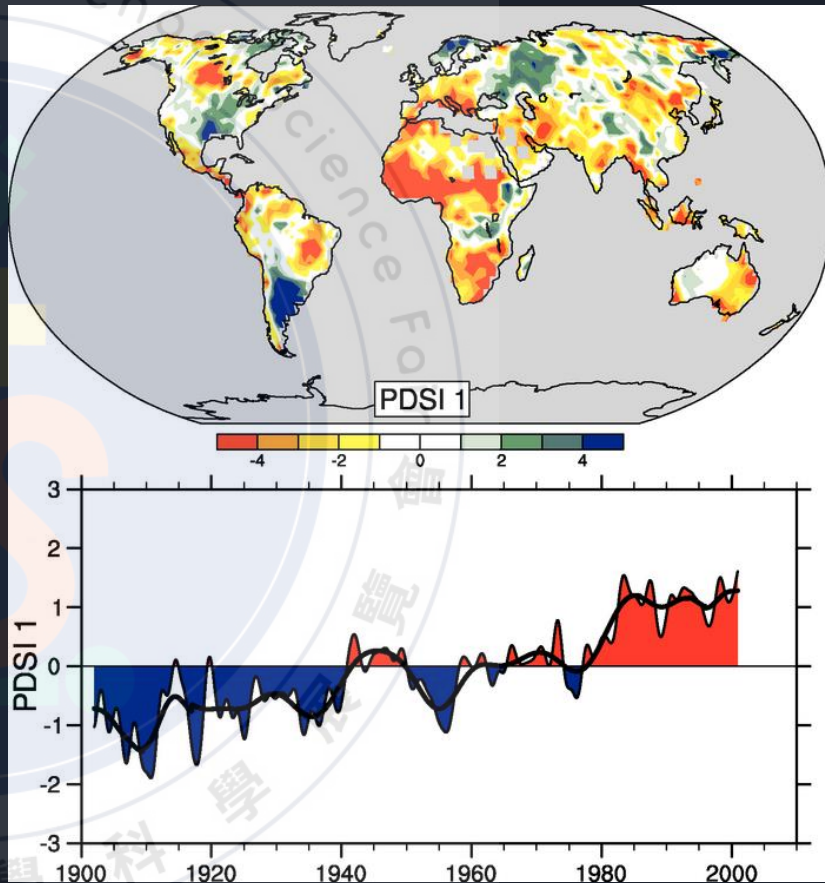
肉多多「攔」水?—星狀仙人掌稜線研究



壹、研究動機



因為全球氣候變遷的影響，降雨的分布發生改變，科學家預測許多地區將會終年無雨，只有霧雨的天氣狀態，我們製作仿生星狀仙人掌攔截水分，看看攔截水分的能力是否與稜線數目和稜線厚薄有關？

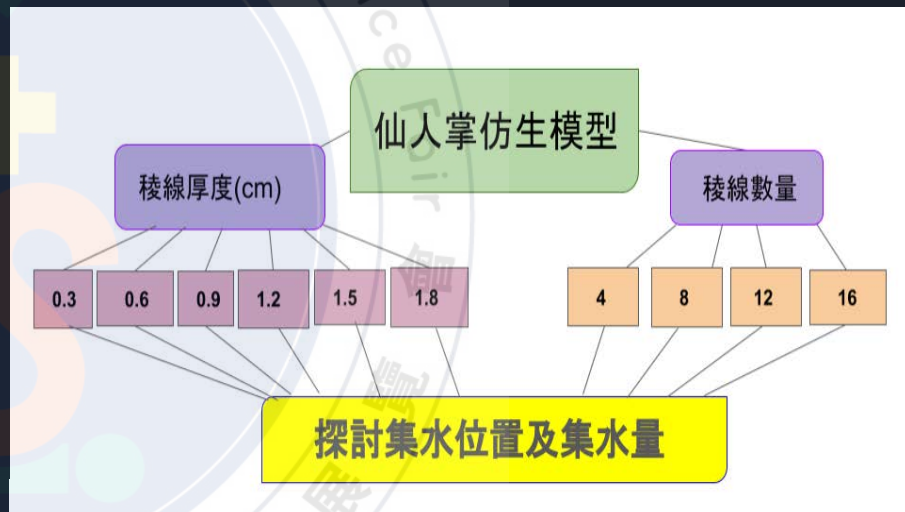


貳、研究目的

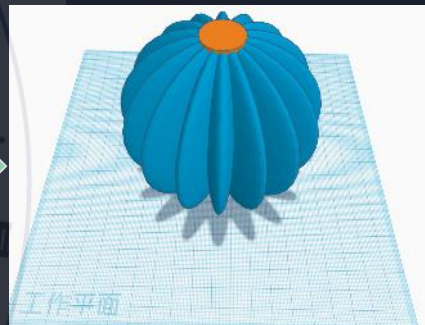
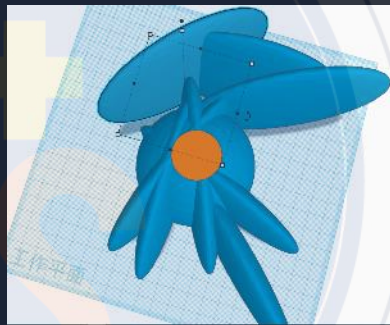
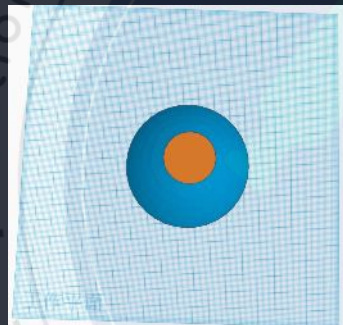
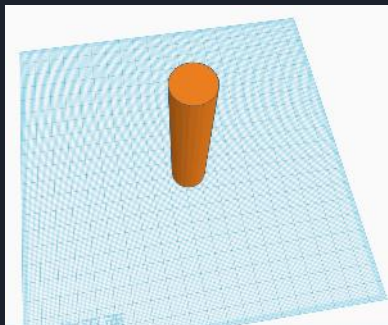
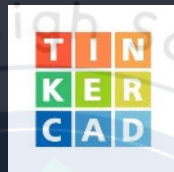
研究目的

- 一、探討真實星狀仙人掌集水量
- 二、探討仿生星狀仙人掌相同瓣數，不同稜線厚度的星狀仙人掌集水效果
- 三、探討仿生星狀仙人掌相同稜線厚度，不同稜線瓣數星狀仙人掌的集水效果

實驗架構



仿生仙人掌製作過程



完成啦~

柱狀： $2*2*10\text{ cm}^3$

中心圓： $6*6*10\text{ cm}^3$

稜線：長、高皆為 10 cm ，寬為稜線厚度的變因

叁、實驗過程



要把器具擦乾喔!!
(防止下一次實驗有誤差)



實驗設計

註：
黑線為圓心

仙人掌

中：圓心以下
中：圓心以下半徑
3.75cm

內；圓心以下
內；圓心以下半徑2.5cm

藍色水盆集水區
(長43cm寬33cm)

肆、結果分析與討論(一) -真實仙人掌集水實驗

實驗步驟、變因皆同模型仙人掌實驗



稜線 數目	稜線 基部厚度	第一次(ml)	第二次(ml)	第三次(ml)	平均(ml)	百分比(%)
13	1.5 cm	內: 78.4 中: 2.9	內: 86.7 中: 2.8	內: 81.6 中: 3.5	內: 82.2 中: 3.0 總水量: 85.2	內: 96.47 中: 3.52



內部集水量比率極為穩定，均值为**96.48%**

← 仙人掌根部是螺旋狀的

肆、結果分析與討論(二)

稜線實驗

固定仿生仙人掌瓣數，探討不同稜線厚度對集水量的影響



★
97.76%

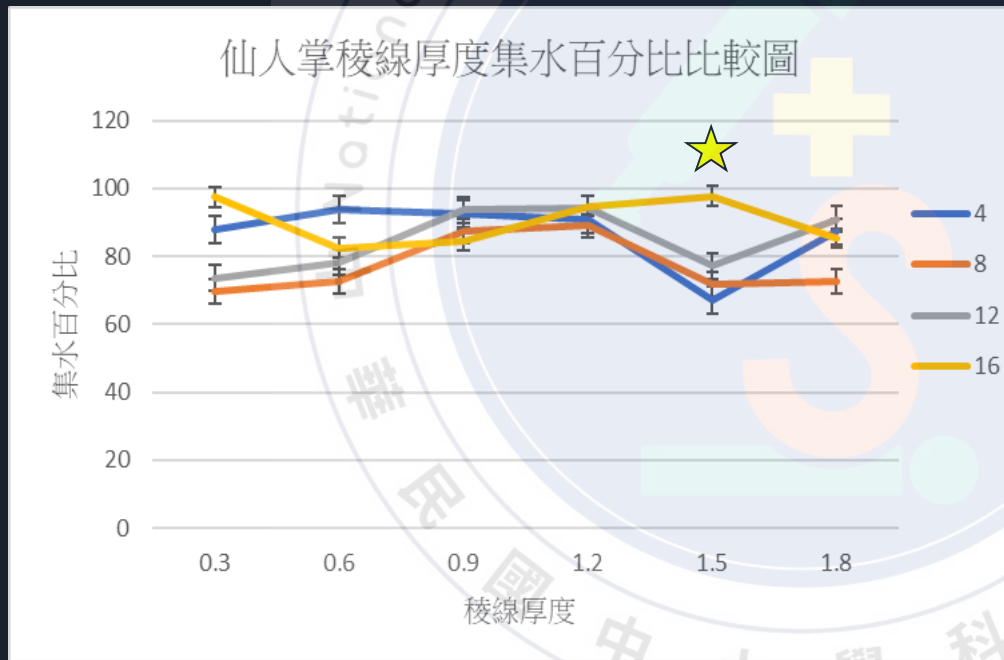
仿生仙人掌集水量幾乎都在67%-98%間

變因為稜線厚度

肆、結果分析與討論(二)

稜線實驗

固定仿生仙人掌瓣數，探討不同稜線厚度對集水量的影響



在瓣數為16，厚度1.5的星

狀仙人掌總集水量最好，

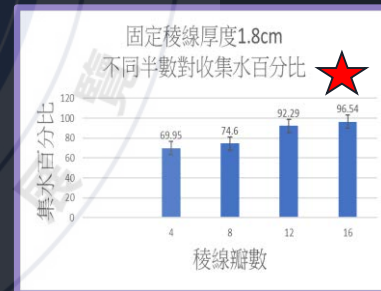
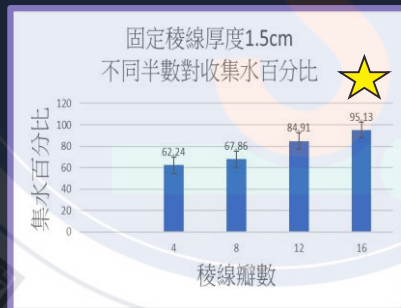
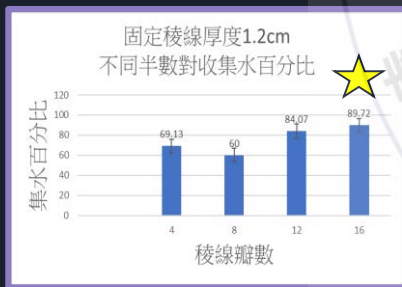
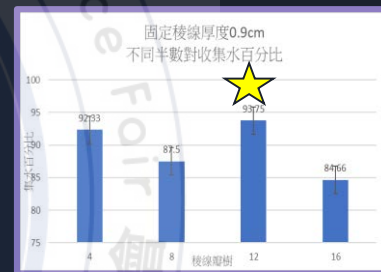
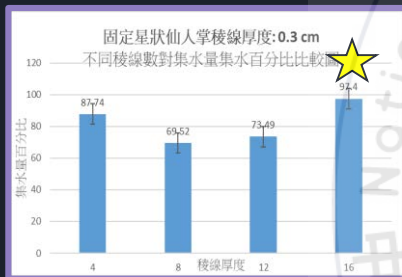
集水百分比可達97.76%

稜線較厚的星狀仙人掌在噴水霧時因為厚度厚，稜線之間的縫隙小，較容易控制水的流向，水也就比較集中。

肆、結果分析與討論(三)

厚度實驗

固定仿生仙人掌的稜線厚度，探討不同瓣數對集水量的影響



97.40%

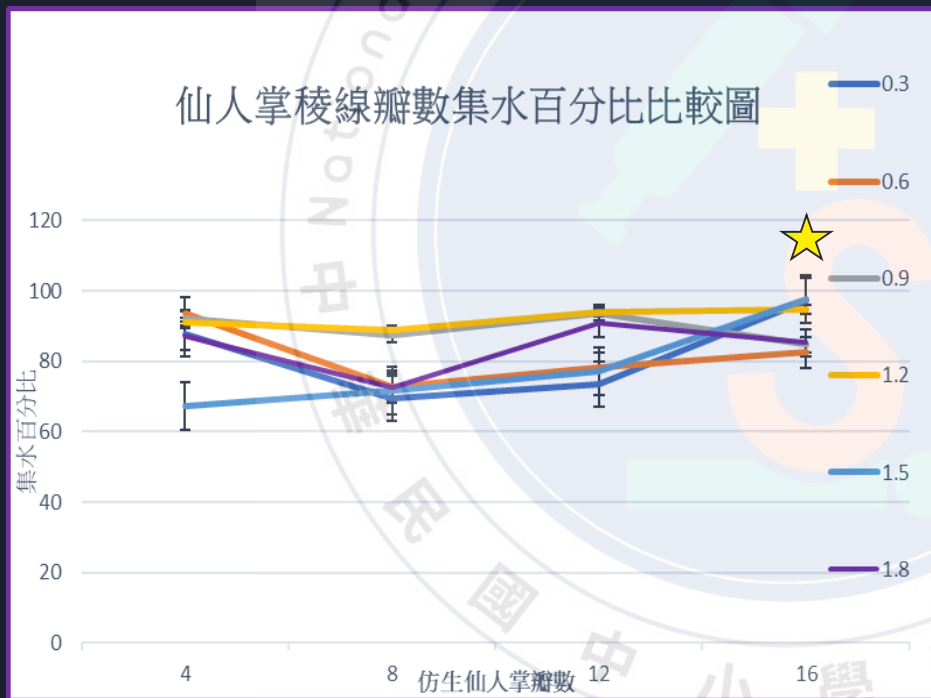
變因為稜線瓣數

仿生仙人掌集水量都在60%-98%之間

肆、結果分析與討論(三)

厚度實驗

固定仿生仙人掌的稜線厚度，探討不同瓣數對集水量的影響



瓣數較多的星狀仙人掌接觸水的面積比較大，接到的水就較多，稜線縫隙較小，形成了一道道的軌道來控制水的流向，集水量及集水位置較好。

稜線瓣數愈多，集水量大多愈好

肆、結果分析與討論(四)

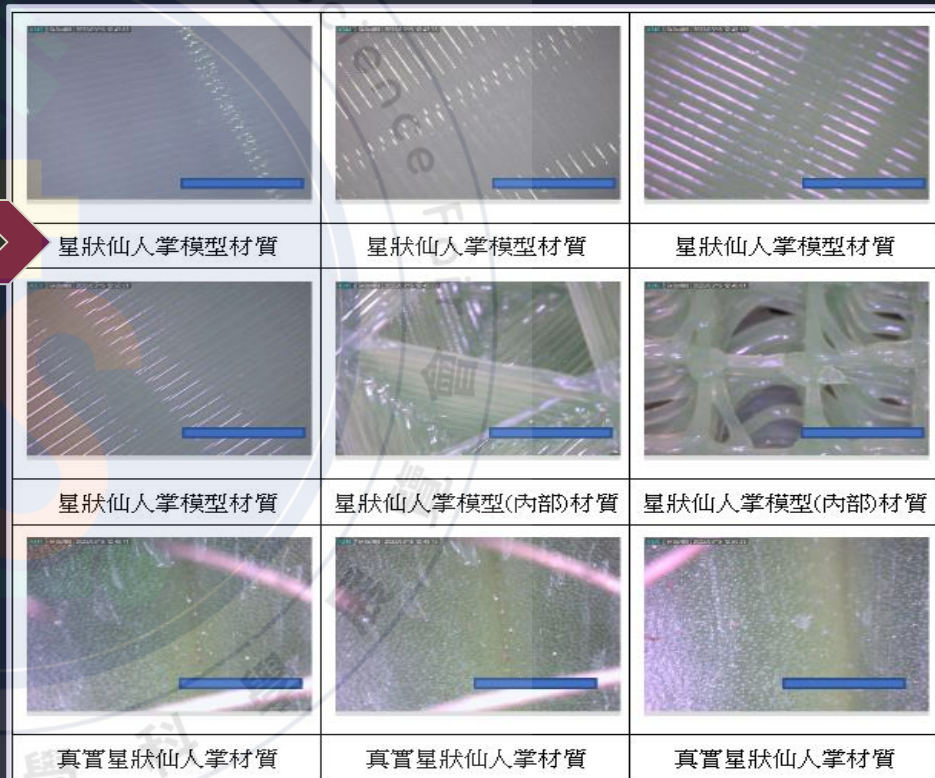
真實仙人掌和3D列印仙人掌差

❖ 星狀仙人掌材質探討

真實星狀仙人掌比3D列印的星狀仙人掌集水量要好 → 可能是材質不同所導致的



星狀仙人掌和3D列印仙人掌材質表面探討比較圖



	真實星狀仙人掌	3D列印星狀仙人掌模型
材質	植物表皮細胞	PLA(Polylactic Acid 聚乳酸)
集水量	較好	較差
原因	表皮較光滑	表皮較粗糙
結論	真實星狀仙人掌集水量較3D列印模型好	

伍、參考資料及未來展望

參考資料

- 1.星狀仙人掌與多肉植物大全(有星類仙人掌)
- 2.交通部中央氣象局
3. Dev Gurera and Bharat Bhushan · Designing bioinspired surfaces for water collection from fog Philos Trans A Math Phys Eng Sci. 377(2138): 20180269.
- 4.可從空氣中高效集水的新仿生表面 賴婉婷等 國立臺灣博物館研究組 2017/01/06



因針狀葉可吸收霧雨，所以我們想看葉子能吸收多少水量

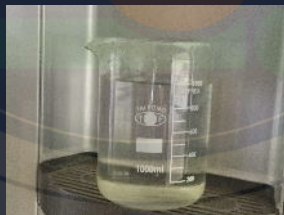
未來展望

希望未來可以量出模型仙人掌的表面積，探討表面積對於集水量的影響

100度的熱水



插針



裝熱水



做實驗

