

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 物理科

080109

木瓜樹有「網」不怕「風」

學校名稱：臺北市私立靜心國民中小學(小學部)

作者： 小六 張修瑜 小六 姬敏暄 小六 高宛瑜 小六 詹宇心	指導老師： 蔡垂其 王晶瑩
---	---------------------

關鍵詞：木瓜樹、防蟲網、風

摘 要

一則新聞報導指出：一位木瓜農民找出效果最佳的防蟲網使用方式，讓他的木瓜園不怕蟲害，更不怕颱風侵襲。考慮颱風的風和雨與木瓜樹需日照充足之條件，我們自己設計與製作測量裝置，並進行相關的研究實驗，結果發現：木瓜樹葉片數量多、莖的高度高、結果數量多，會使木瓜樹受風吹襲時產生較大的力矩，造成容易傾倒；抓地能力增強時，則可以抵抗較大力矩，使木瓜樹不易傾倒。單層的防蟲網隨著網目的增加、二層不同網目重疊或間隔、增加水份，都會使風力減弱百分比增加，防蟲網承受的作用力增加。防蟲網為黑色、網目的增加與二層的重疊或間隔，都會降低照度。木瓜園平時防蟲時使用 16 目與 32 目重疊，颱風來時，掀開 32 目留下 16 目，是較佳的選擇。

壹、研究動機

每到颱風來臨時，強風暴雨將農民們辛辛苦苦耕耘的結果毀於一旦，難道颱風帶來的損失我們只能默默承受嗎？一則新聞報導指出：一位木瓜農民曾苦惱於颱風的問題，在他努力不懈，經過多次的努力，終於找出效果最佳的防蟲網組合與使用方式，讓他的木瓜園不會怕蟲害，更不怕颱風的侵襲。看完這篇報導後，我們心中感到疑惑，「防蟲網難道真的有這麼神奇的作用嗎？」所以我們決定設計實驗進行研究，驗證防蟲「網」對颱風「風」的作用為何？

我們利用課堂學過的知識和技能：康軒版三上第三單元「看不見的空氣」，流動的空氣可以形成風，風力有分風力強和風力弱；康軒版五上第四單元「力與運動」，物體受力的作用後，會產生移動、轉動或變形等現象；康軒版六下第一單元「簡單機械」的槓桿原理中，得知作用力與作用力的位置及力臂長度的關係。

我們設計製作了木瓜樹模型與風力測量裝置、防蟲網受風測量裝置、防蟲網照度測量裝置等，並進行相關的研究實驗，希望能找出不同木瓜樹特徵、不同防蟲網條件、防蟲網增加水份對受風狀況的影響與不同防蟲網條件對照度的影響。

貳、研究目的

- 一、不同木瓜樹特徵對受風狀況的影響
 - (一)不同葉片數量對受風狀況的影響
 - (二)不同木瓜莖高度對受風狀況的影響
 - (三)不同抓地力對受風狀況的影響
 - (四)不同結果數量對受風狀況的影響
- 二、不同防蟲網條件對受風狀況的影響
 - (一)單層不同網目對受風狀況的影響
 - (二)單層不同角度對受風狀況的影響
 - (三)二層不同網目重疊對受風狀況的影響
 - (四)二層不同網目間隔對受風狀況的影響
- 三、防蟲網增加水份對受風狀況的影響
 - (一)不同網目增加水份對受風狀況的影響
- 四、不同防蟲網條件對照度的影響
 - (一)不同顏色對照度的影響
 - (二)單層不同網目對照度的影響
 - (三)二層不同網目重疊對照度的影響
 - (四)二層不同網目間隔對照度的影響

參、研究設備及器材

一、研究器材：

1. 3D 印表機× 1 台	2. 風速計 × 1 台	3. 照度計 × 1 台	4. 電子秤 × 1 台
5. 電子推拉計 × 1 台	6. 工業扇 × 1 台	7. 循環扇 × 1 台	8. 電風扇 × 1 台
9. USB 顯微鏡 × 1 台	10. 米尺 × 1 個	11. 磁鐵條 × 32 條	12. 螺帽 × 50 顆
13. 行動載具 × 1 台	14. 鋼尺 × 1 支	15. 防蟲網 × 1 批	16. 釣魚線 × 1 段
17. 噴水器 × 2 個	18. 厚紙板 × 1 批	19. 針織網 × 1 批	20. 砝碼× 1 批

21. 綠色泡棉 × 10 副	22. 吸管 × 10 支	23. 塑膠棒 × 6 支	24. 塑膠板 × 12 片
25. 細塑膠棒 × 10 支	26. 腳架 × 1 個	27. 塑膠板車 × 8 台	28. 煙霧機 × 1 台

二、研究設備：

(一)設計與建立木瓜樹模型測量裝置：

我們無法以實際的木瓜樹進行變因的控制來進行研究實驗，因此改採用模型模擬實驗的方式，希望能找出研究中各個變因對應產生結果的關係為何。

1.第一代木瓜樹模型測量裝置：

利用扭蛋蛋殼、黏土、吸管與塑膠砝碼建立木瓜樹模型。

優點：可以像不倒翁般，受風力吹襲時，會有傾倒的現象發生，風力消失時會回復到原來直立的狀態。

缺點：(1)不易測量受風力影響而傾倒的角度為多少。

(2)塑膠砝碼重量較輕，體積較大，無法在模擬木瓜莖的吸管上，勾掛較多數量砝碼。

2.第二代木瓜樹模型測量裝置：

利用自然教具槓桿實驗材料包與太陽觀測材料包中的量角器，應用槓桿原理製作出與不倒翁有相同效果的木瓜樹模型測量裝置。

優點：具有受風傾倒且可測量傾倒的角度。

缺點：(1)測量傾倒角度時，量角器的刻度與數字太小，不易觀測。

(2)量角器的中心與木瓜樹的傾倒旋轉中心，不在同一軸心，造成測量角度不正確。

3.第三代木瓜樹模型測量裝置：

(1)利用電腦影像編輯軟體，自行編修量角器圖片，將刻度與數字變大，且更改刻度數值的位置，刻度0度在中間正下方，以利進行觀察記錄。

(2)量角器的中心與木瓜樹的傾倒旋轉中心，也修正在同一軸心。

(3)木瓜樹下方放置一顆強力磁鐵，以利更換吸附鐵製螺帽，模擬不同的抓地力。

(4)傾倒的角度量測則以珍珠板作成指針，利用保麗龍與金屬軸心的些微摩擦力固定位置，方便測量傾倒的最大值。

(5)吸管上方的塑膠砝碼也改為鐵的砝碼，體積也得以變小。

(6)透過網路木瓜樹圖片與木瓜樹的實際觀察，分析木瓜樹莖葉與果實的生長情況，建立較符合實際木瓜樹之縮小模型，以利進行實驗。

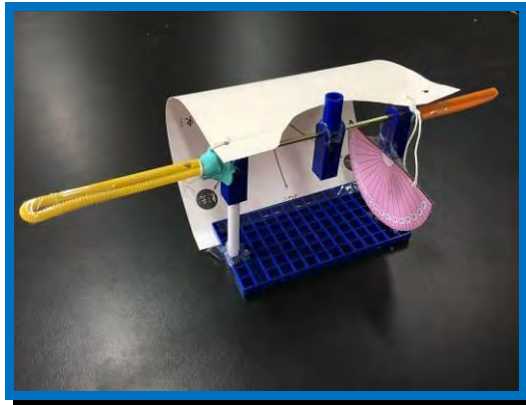


圖 1 第一代木瓜樹測量裝置

圖 2 第二代木瓜樹測量裝置

圖 3 第三代木瓜樹測量裝置

(二)選定實驗的風扇風力：

1. 颱風的風速要達 17.2m/s 以上，我們無法產生如此強大的風速，因此採用生活中可接觸的風扇，來進行實驗，雖然風力較小，但希望藉此找出風力與相關變因的關係。
2. 立式電風扇、循環扇、工業扇，各取強與弱，共為六種不同的風力，分別以 50、100、150、200 公分為四個測試距離，進行電風扇風力測試實驗，風速計距離風扇皆為 100 公分，根據實驗結果，風力大小與間隔，加上風力穩定性的考量，決定以下三種條件，作為風力強、風力中、風力弱的實驗條件，進行後續的實驗。

(1) 風力弱：循環扇(弱)－ 2.16m/s

(2) 風力中：循環扇(強)－ 4.05m/s

(3) 風力強：工業扇(強)－ 5.82m/s （雖然風力穩定度較差，但風力較強）



圖 4 立式電風扇



圖 5 循環扇



圖 6 工業扇

(三)木瓜樹模型與風力測量裝置：

將第三代木瓜樹測量裝置與風扇擺放如圖 8 之木瓜樹模型與風力測量裝置。



圖 7 木瓜樹模型測量裝置

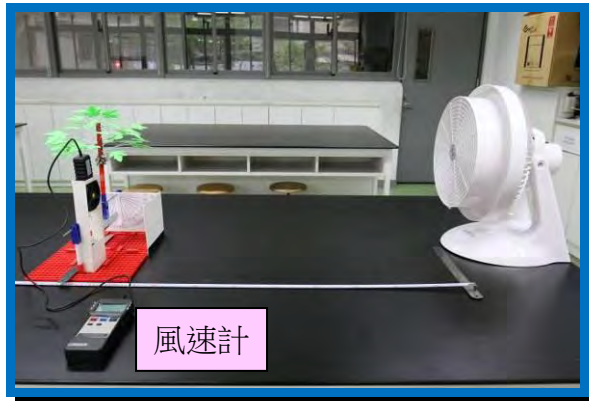


圖 8 木瓜樹模型與風力測量裝置

(四)設計與製作防蟲網受風測量裝置：

- 1.利用四年級認識運輸工具，風力車的材料包中的車子當作底座，以滾動的方式可以減少摩擦力，測量到較準確的針織網受風的拉力值。
- 2.使用磁鐵條利用磁鐵異極相吸的特性，作為固定防蟲網的框架(約 30 公分 x 30 公分)，同時方便更換不同的防蟲網，可節省實驗材料。
- 3.使用 Tinkercad 應用軟體，創建防蟲網受風狀況測量裝置 3D 相關固定支架與連結器，再透過 3D 列印機，列印出相關的固定支架與連結器。
- 4.將相關的器材擺放如圖 10 之防蟲網受風狀況測量裝置。



圖 9 防蟲網與風速計

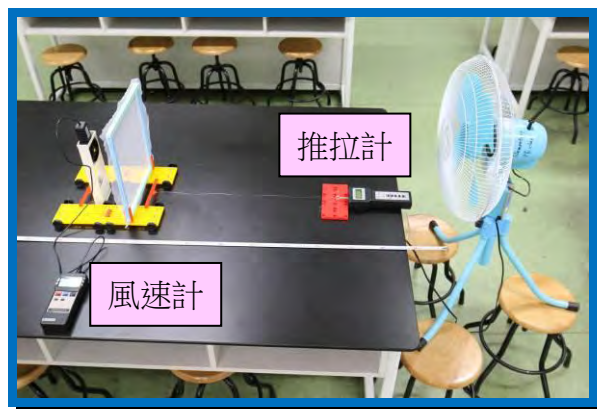


圖 10 防蟲網受風狀況測量裝置

(五)防蟲網不同角度測量裝置

為了解風與防蟲網在不同角度時，防蟲網後方的風力變化與防蟲網承受之風力為何，故設計與製作了防蟲網角度測量裝置，原來從防蟲網受風測量裝置改變成第一代角

度測量裝置，如圖 11，但發現隨著防蟲網角度改變，風速計必需隨之改變測量高度和水平位置，才能保持與防蟲網中心距離相同，如此不利於實驗，亦容易產生誤差，因此依據防蟲網需要以中心轉動不同角度的考量，重新設計了第二代角度測量裝置，如圖 12。

(六)防蟲網照度測量裝置：

除了想了解防蟲網對風的影響外，我們也想知道木瓜樹增加了防蟲網，對照度會產生什麼影響，因此設計製作防蟲網照度測量裝置，裁切厚紙板，利用保麗龍膠、黑色膠帶，製作出只留上方開口之方盒，並在方盒的底部中心放置照度計的感光測量裝置，形成防蟲網照度測量裝置，如圖 13。

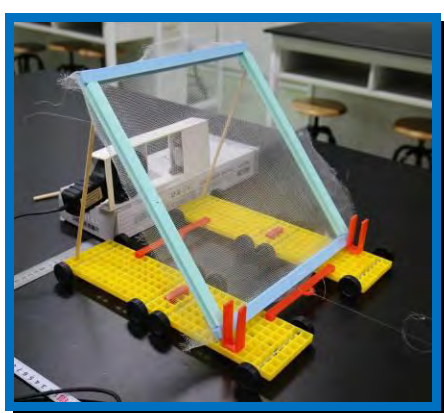


圖 11 第一代角度測量裝置

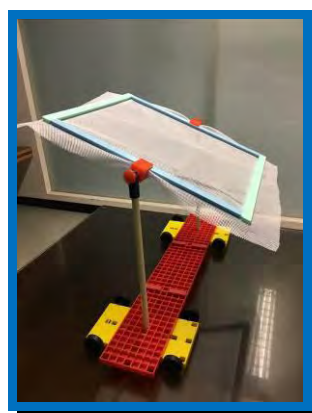


圖 12 第二代角度測量裝置

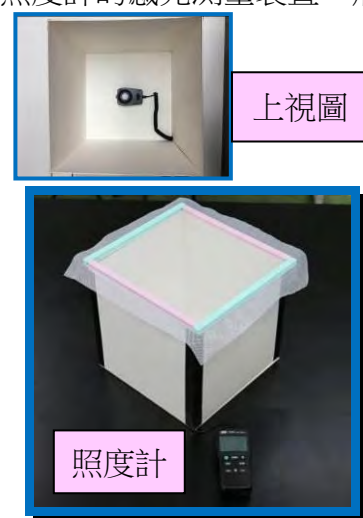


圖 13 防蟲網照度測量裝置

肆、研究過程或方法

一、不同木瓜樹特徵對受風狀況的影響

(一)不同葉片數量對受風狀況的影響

- 1.使用木瓜樹模型與風力測量裝置，進行不同葉片數量對受風狀況之實驗。
- 2.操縱變因：不同葉片數量，如表 1 所示。

表 1 不同葉片數量圖示

	無葉片	10 片	20 片	30 片	40 片	50 片
圖示						

- 3.控制變因：木瓜莖高度為 20 公分，抓地力為 8 顆螺帽(36.792 公克重)，木瓜結果量為 20

顆，木瓜樹模型與風扇距離 100 公分。

4.以風力弱為條件，進行不同葉片數量對受風狀況之實驗，每一種葉片數量皆重覆操作 5 次並紀錄對應的傾倒角度。

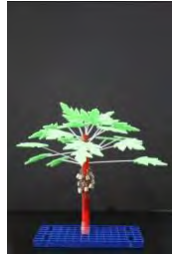

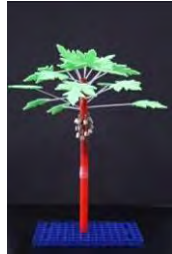
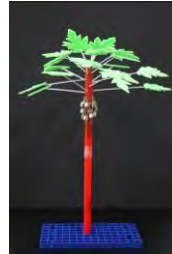
5.再以風力中和風力強，進行不同葉片數量對受風狀況之實驗。

(二)不同木瓜莖高度對受風狀況的影響

1.使用木瓜樹模型與風力測量裝置，進行不同木瓜莖高度對受風狀況之實驗。

2.操縱變因：不同木瓜莖高度，如表 2 所示。

表 2 不同木瓜莖高度圖示

	15 公分	20 公分	25 公分	30 公分
圖示				

3.控制變因：葉片數量為 20 片，抓地力為 8 顆螺帽(36.792 公克重)，木瓜結果量為 20 顆，木瓜樹模型與風扇距離 100 公分。

4.以風力弱為條件，進行不同木瓜莖高度對受風狀況之實驗，每一種木瓜莖高度皆重覆操作 5 次並紀錄對應的傾倒角度。

5.再以風力中和風力強，進行不同木瓜莖高度對受風狀況之實驗。

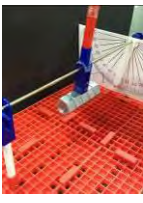
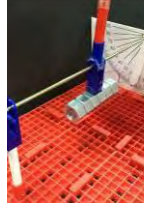
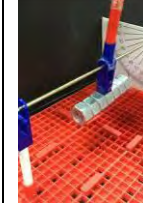
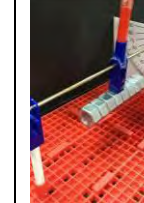
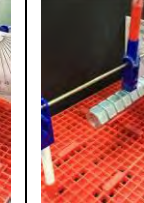
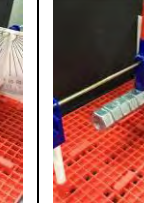
(三)不同抓地力對受風狀況的影響

1.使用木瓜樹模型與風力測量裝置，進行不同抓地力對受風狀況之實驗。

2.操縱變因：不同抓地力，如表 3 所示。

表 3 不同抓地力圖示

	5 顆	6 顆	7 顆	8 顆	9 顆	10 顆
抓地重量						

重量(gw)	18.393	22.069	25.762	29.464	33.110	36.792
圖示						

3.控制變因：葉片數量為 20 片，木瓜莖高度為 20 公分，木瓜結果量為 20 顆，木瓜樹模型與風扇距離 100 公分。

4.以風力弱為條件，進行不同抓地力對受風狀況之實驗，每一種抓地力皆重覆操作 5 次並紀錄對應的傾倒角度。







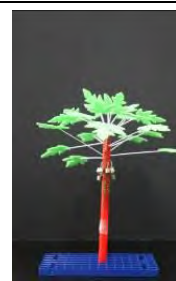

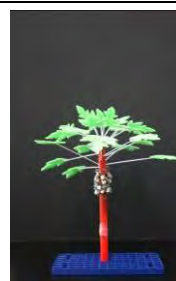

5.再以風力中和風力強，進行不同抓地力對受風狀況之實驗。

(四)不同結果數量對受風狀況的影響

1.使用木瓜樹模型與風力測量裝置，進行不同結果數量對受風狀況之實驗。

2.操縱變因：不同結果數量，如表 4 所示。

表 4 不同結果數量圖示

	0 顆	10 顆	20 顆	30 顆	40 顆
秤重圖					
重量(gw)	0	19.1	38.17	57.3	76.37
圖示					

3.控制變因：葉片數量為 20 片，木瓜莖高度為 20 公分，抓地力為 8 顆螺帽(36.792 公克重)，木瓜樹模型與風扇距離 100 公分。

4.以風力弱為條件，進行不同結果數量對受風狀況之實驗，每一種結果數量皆重覆操作 5 次並紀錄對應的傾倒角度。

5.再以風力中和風力強，進行不同結果數量對受風狀況之實驗。

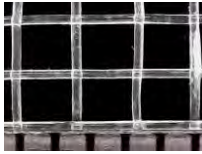

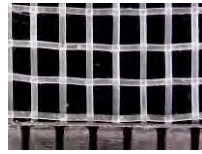

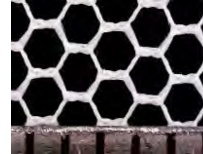
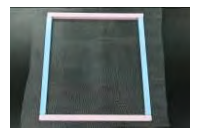
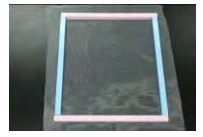
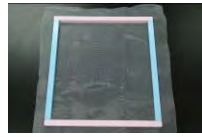

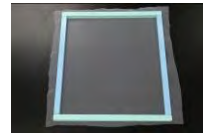
二、不同防蟲網條件對受風狀況的影響

(一)單層不同網目對受風狀況的影響

1.使用防蟲網受風測量裝置，進行不同網目對受風狀況之實驗。

2.**操縱變因**：不同網目(網目數計算是指 1 吋即 2.54 公分的長度上可排入幾個孔，16 目表示 1 吋長度可排入 16 個孔)，如表 5 所示。

表 5 不同網目圖示

	16 目	24 目	32 目	針織網 A	針織網 B
顯微放大圖					
圖示					

3.**控制變因**：防蟲網距離風扇 100 公分，風速計距離風扇 110 公分，風速計的測量高度與防蟲網中心同樣高度，風扇葉片中心高度與防蟲網中心同樣高度，如圖 14。

4.以風力弱為條件，進行不同網目對受風狀況之實驗，每一種網目皆重覆操作 5 次並紀錄對應的風速與防蟲網因受風力所產生的拉力值。

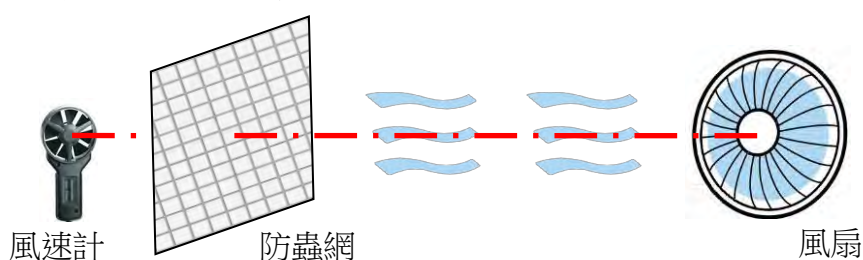


圖 14 防蟲網受風測量裝置示意圖





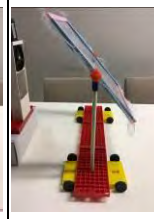


5.再以風力中和風力強，進行不同網目對受風狀況之實驗。

(二)單層不同角度對受風狀況的影響

1.使用防蟲網不同角度測量裝置，進行不同角度對受風狀況之實驗。

2.**操縱變因**：不同角度，如表 6 所示。

表 6 不同角度圖示

	90 度	80 度	70 度	60 度	50 度	40 度	30 度
圖示							

3.控制變因：防蟲網距離風扇 90 公分，風速計距離風扇 110 公分，風速計的測量高度與防蟲網中心同樣高度，風扇葉片中心高度與防蟲網中心同樣高度，如圖 15。

4.以風扇風力中(循環扇強)為條件，進行不同角度對受風狀況之實驗，每一種角度皆重覆操作 5 次並紀錄對應的風速與防蟲網因受風力所產生的拉力值。

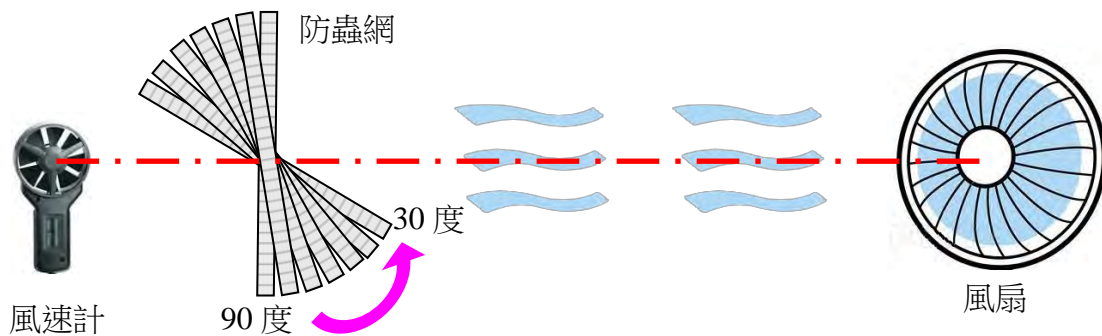
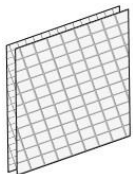
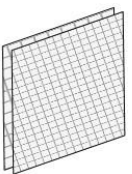
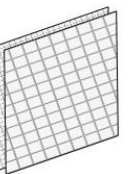
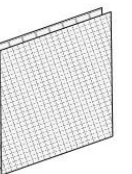
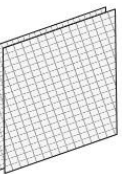
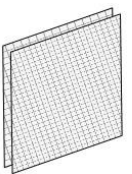


圖 15 防蟲網不同角度測量裝置示意圖

(三) 二層不同網目重疊對受風狀況的影響

- 1.使用防蟲網受風測量裝置，進行不同網目二層重疊對受風狀況之實驗。
- 2.操縱變因：不同網目二層重疊排列方式，如表 7 所示。

表 7 不同網目二層重疊示意圖

網目組合	16+24	24+16	16+32	32+16	24+32	32+24
示意圖						

3.控制變因：防蟲網距離風扇 100 公分，風速計距離風扇 110 公分，風速計的測量高度與防蟲網中心同樣高度，風扇葉片中心高度與防蟲網中心同樣高度，如圖 16。

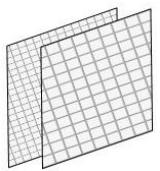
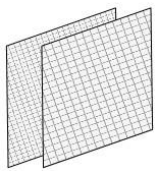
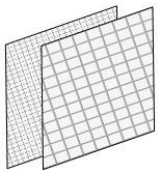
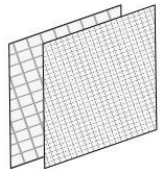
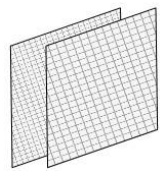
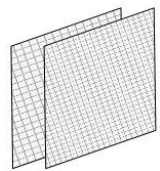
4.以風力弱為條件，進行不同網目二層重疊對受風狀況之實驗，每一種重疊條件皆重覆操

作 5 次並紀錄對應的風速與二層重疊防蟲網因受風力所產生的拉力值。

(四) 二層不同網目間隔排列對受風狀況的影響(間隔距離 2.5 公分)

- 1.使用防蟲網受風測量裝置，進行不同網目二層間隔排列對受風狀況之實驗。
- 2.操縱變因：不同網目二層間隔排列方式，如表 8 所示。

表 8 不同網目二層間隔示意圖

網目組合	16+24	24+16	16+32	32+16	24+32	32+24
示意圖						

- 3.控制變因：第一層防蟲網距離風扇 95 公分，第二層防蟲網距離風扇 100 公分，風速計距離風扇 110 公分，風速計的測量高度與防蟲網中心同樣高度，風扇葉片中心高度與防蟲網中心同樣高度。
- 4.以風力弱為條件，進行不同網目二層間隔排列對受風狀況之實驗，每一種間隔排列條件皆重覆操作 5 次並紀錄對應的風速與二層間隔排列防蟲網因受風力所產生的拉力值。

三、防蟲網增加水份對受風狀況的影響

(一)不同網目增加水份對受風狀況的影響

- 1.使用防蟲網受風測量裝置，並在防蟲網斜前方增加兩個噴水器，進行不同網目增加水份對受風狀況影響之實驗。
- 2.操縱變因：防蟲網不同網目，如表 9 所示。

表 9 防蟲網不同網目圖示

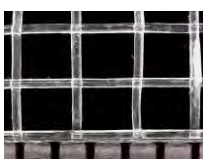
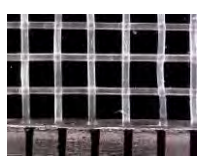
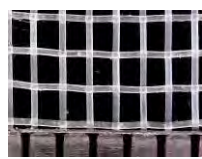
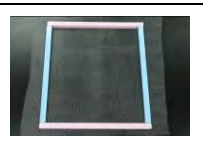

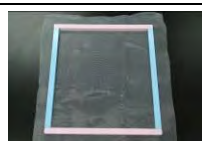
	16 目	24 目	32 目
顯微放大圖			
圖示			



圖 16 增加噴水器圖示

- 3.控制變因：防蟲網距離風扇 65 公分，風速計距離風扇 75 公分，風速計的測量高度與防蟲

網中心同樣高度，風扇葉片中心高度與防蟲網中心同樣高度。

4.以風力中(循環扇之強)為條件，進行不同網目增加水份對受風狀況之實驗，每一種網目從未加水至持續噴水，紀錄對應的風速與防蟲網因受風力所產生的拉力值。

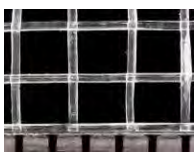



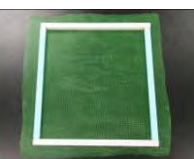

四、不同防蟲網條件對照度的影響

(一)不同顏色對照度的影響

1.使用防蟲網照度測量裝置，進行防蟲網不同顏色對照度影響之實驗。

2.操縱變因：不同顏色的防蟲網，如表 10 所示。

表 10 不同顏色的防蟲網圖示

	白色(半透明)	綠色	黑色
顯微放大圖			
圖示			

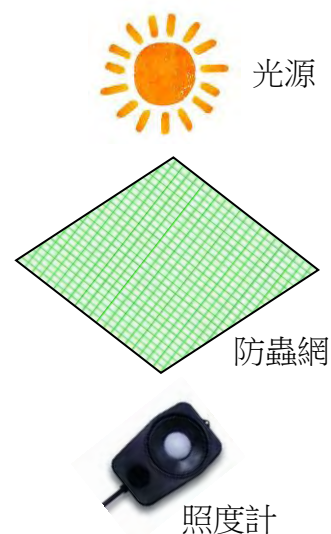


圖 17 防蟲網照度測量示意圖

3.控制變因：防蟲網網目為 16，照度計距離防蟲網 20 公分。


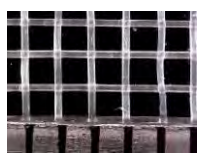
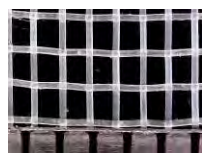
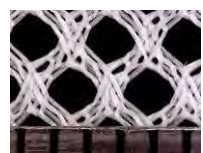

4.將防蟲網照度測量裝置放置於光源(日光燈)正下方，將不同顏色的防蟲網分別放置於測量方盒上，進行不同顏色防蟲網對照度影響之實驗，每一種不同顏色的防蟲網皆重覆操作 5 次並紀錄無防蟲網時的照度值與放上防蟲網之後的照度值。

(二)單層不同網目對照度的影響

1.使用防蟲網照度測量裝置，進行防蟲網不同網目對照度影響之實驗。

2.操縱變因：不同網目的防蟲網，如表 11 所示。

表 11 不同網目的防蟲網圖示

	16 目	24 目	32 目	針織網 A	針織網 B
顯微放大圖					

3.控制變因：防蟲網顏色為白色(半透明)，照度計距離防蟲網 20 公分。

4.將防蟲網照度測量裝置放置於光源(日光燈)正下方，將不同網目的防蟲網分別放置於測量方盒上，進行不同網目防蟲網對照度影響之實驗，每一種不同網目的防蟲網皆重覆操作 5 次並紀錄無防蟲網時的照度值與放上防蟲網之後的照度值。

(三) 二層不同網目重疊對照度的影響

1.使用防蟲網照度測量裝置，進行防蟲網不同網目二層重疊對照度影響之實驗。

2.操縱變因：不同網目的防蟲網二層重疊，如表 12 所示。

表 12 不同網目二層重疊示意圖

網目組合	16+24	24+16	16+32	32+16	24+32	32+24
示意圖						

3.控制變因：防蟲網顏色為白色(半透明)，照度計距離防蟲網 20 公分。

4.將防蟲網照度測量裝置放置於光源(日光燈)正下方，將不同網目二層重疊的防蟲網分別放置於測量方盒上，進行不同網目二層重疊防蟲網對照度影響之實驗，每一種不同網目二層重疊的防蟲網皆重覆操作 5 次並紀錄無防蟲網時的照度值與放上防蟲網之後的照度值。

(四) 二層不同網目間隔對照度的影響

配合受風實驗的網子間間距(7.5 公分)，用厚紙板製作方框，作為多層間隔照度實驗時的間隔板。

1.使用防蟲網照度測量裝置，進行防蟲網不同網目二層間隔排列對照度影響之實驗。

2.操縱變因：不同網目二層間隔排列，如表 13 所示。

表 13 不同網目二層間隔示意圖

網目組合	16+24	24+16	16+32	32+16	24+32	32+24
示意圖						

3.控制變因：防蟲網顏色為白色(半透明)，照度計距離防蟲網 20 公分。

4.將防蟲網照度測量裝置放置於光源(日光燈)正下方，將第一層防蟲網放置於測量方盒上，再疊上 6.5 公分高的厚紙板方框，再將第二層防蟲網放置於厚紙板方框上，使二層防蟲網間隔為 7.5 公分，進行不同網目二層間隔排列防蟲網對照度影響之實驗，每一種不同網目二層間隔排列的防蟲網皆重覆操作 5 次並紀錄無防蟲網時的照度值與放上防蟲網之後的照度值。

伍、研究結果

因篇幅有限，故將完整的實驗記錄數據列於原始資料記錄本中，說明書中將相關數據之平均值繪製成統計圖表，並進行實驗結果分析。

一、不同木瓜樹特徵對受風狀況的影響

(一)不同葉片數量對受風狀況的影響

實驗數據統計折線圖	折線圖說明																												
<table border="1"> <caption>不同葉片數量對受風狀況影響之折線圖</caption> <thead> <tr> <th>傾倒角度(度)</th> <th>無葉片</th> <th>10片</th> <th>20片</th> <th>30片</th> <th>40片</th> <th>50片</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>風力強</td> <td>7.5</td> <td>21</td> <td>28</td> <td>38</td> <td>55</td> <td>64</td> </tr> <tr> <td>風力中</td> <td>3</td> <td>11.5</td> <td>14</td> <td>17</td> <td>24</td> <td>29</td> </tr> <tr> <td>風力弱</td> <td>1.5</td> <td>3.5</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>8.5</td> <td>9.5</td> </tr> </tbody> </table>	傾倒角度(度)	無葉片	10片	20片	30片	40片	50片	風力強	7.5	21	28	38	55	64	風力中	3	11.5	14	17	24	29	風力弱	1.5	3.5	6	8	8.5	9.5	<ol style="list-style-type: none"> 1.風力強時，無葉片傾倒角度最小(7.5度)，隨著葉片增加，傾倒角度也隨之增加，50片葉片傾倒角度最大(64度)。 2.風力中時，無葉片傾倒角度最小(3度)，隨著葉片增加，傾倒角度也隨之增加，50片葉片傾倒角度最大(29度)。 3.風力弱時，無葉片傾倒角度最小(1.5度)，隨著葉片增加，傾倒角度也隨之增加，50片葉片傾倒角度最大(9.5度)。
傾倒角度(度)	無葉片	10片	20片	30片	40片	50片																							
風力強	7.5	21	28	38	55	64																							
風力中	3	11.5	14	17	24	29																							
風力弱	1.5	3.5	6	8	8.5	9.5																							
<p>實驗結果分析：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.在相同的風力時，隨著葉片數量愈來愈多，傾倒的角度就愈來愈大，即是木瓜樹受到作用力時，因葉片數量多而產生較大的力矩，形成較大的傾倒角度。 2.實驗進行時，發現風力增強時，葉片會隨著風改變原來的形態隨風搖擺，如此可以減少風對木瓜樹所造成的作用力，減少木瓜樹傾倒的情形。 																													

(二)不同木瓜莖高度對受風狀況的影響

實驗數據統計折線圖	折線圖說明																				
<p>不同木瓜莖高度對受風狀況影響之折線圖</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>15公分</th> <th>20公分</th> <th>25公分</th> <th>30公分</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>風力強</td> <td>15</td> <td>22</td> <td>32</td> <td>64</td> </tr> <tr> <td>風力中</td> <td>8</td> <td>13</td> <td>21</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>風力弱</td> <td>3.5</td> <td>5.5</td> <td>8.5</td> <td>21</td> </tr> </tbody> </table>		15公分	20公分	25公分	30公分	風力強	15	22	32	64	風力中	8	13	21	41	風力弱	3.5	5.5	8.5	21	<p>1. 風力強時，木瓜莖高度為 15 公分時傾倒角度最小(15 度)，隨著莖的高度增加，傾倒角度也隨之增加，莖高度為 30 公分時傾倒角度最大(64 度)。</p> <p>2. 風力中時，木瓜莖高度為 15 公分時傾倒角度最小(8 度)，隨著莖的高度增加，傾倒角度也隨之增加，莖高度為 30 公分時傾倒角度最大(41 度)。</p> <p>3. 風力弱時，木瓜莖高度為 15 公分時傾倒角度最小(3.5 度)，隨著莖的高度增加，傾倒角度也隨之增加，莖高度為 30 公分時傾倒角度最大(21 度)。</p>
	15公分	20公分	25公分	30公分																	
風力強	15	22	32	64																	
風力中	8	13	21	41																	
風力弱	3.5	5.5	8.5	21																	
<p>實驗結果分析：</p> <p>1. 在相同的風力時，隨著莖的高度愈高，傾倒的角度就愈來愈大，即是木瓜樹受到作用力時，因葉片莖的高度較高而產生較大的力矩，形成較大的傾倒角度。(討論八)</p>																					

(三)不同抓地力對受風狀況的影響

實驗數據統計折線圖	折線圖說明																												
<p>不同抓地能力對受風狀況影響之折線圖</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>5顆</th> <th>6顆</th> <th>7顆</th> <th>8顆</th> <th>9顆</th> <th>10顆</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>風力強</td> <td>87</td> <td>56</td> <td>42</td> <td>32</td> <td>24</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>風力中</td> <td>59.5</td> <td>34.5</td> <td>24</td> <td>18</td> <td>15</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>風力弱</td> <td>21</td> <td>9.5</td> <td>7</td> <td>6</td> <td>4.5</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>		5顆	6顆	7顆	8顆	9顆	10顆	風力強	87	56	42	32	24	21	風力中	59.5	34.5	24	18	15	12	風力弱	21	9.5	7	6	4.5	4	<p>1. 風力強時，抓地能力為 5 個螺帽時傾倒角度最大(87 度)，隨著抓地能力(螺帽數量)增加，傾倒角度也隨之減少，抓地能力為 10 個螺帽時傾倒角度最小(21 度)。</p> <p>2. 風力中時，抓地能力為 5 個螺帽時傾倒角度最大(59.5 度)，隨著抓地能力(螺帽</p>
	5顆	6顆	7顆	8顆	9顆	10顆																							
風力強	87	56	42	32	24	21																							
風力中	59.5	34.5	24	18	15	12																							
風力弱	21	9.5	7	6	4.5	4																							

數量)增加，傾倒角度也隨之減少，抓地能力為 10 個螺帽時傾倒角度最小(12 度)。

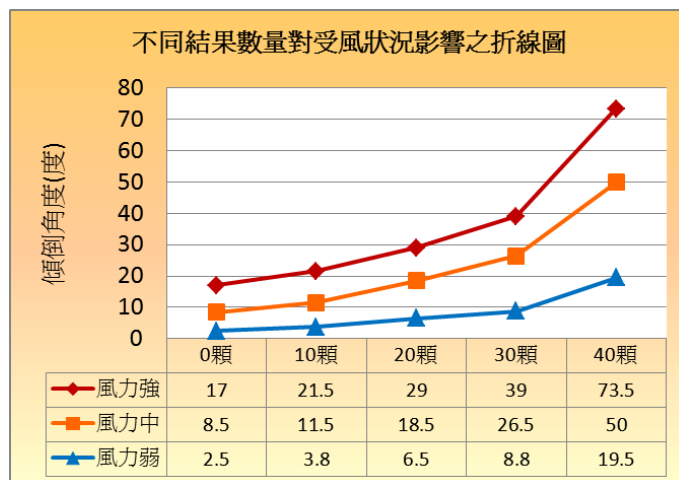
3.風力弱時，抓地能力為 5 個螺帽時傾倒角度最大(21 度)，隨著抓地能力(螺帽數量)增加，傾倒角度也隨之減少，抓地能力為 10 個螺帽時傾倒角度最小(4 度)。

實驗結果分析：

- 1.在相同的風力時，隨著抓地力愈強，傾倒的角度就愈來愈小，即是木瓜樹受到作用力時，因抓地能力愈強而能抵抗土壤上方木瓜樹產生的較大力矩，形成較小的傾倒角度。
- 2.木瓜根腐病（俗稱敗根）主要由卵菌類的病原引起，是雨季木瓜最致命的病害，當根腐壞時，抓地能力也就降低，若加上颱風時的下雨導致土壤軟爛，則抓地力則更為不足，即傾倒可能性也隨之增加。

(四)不同結果數量對受風狀況的影響

實驗數據統計折線圖



折線圖說明

- 1.風力強時，無結果(0 顆)傾倒角度最小(17 度)，隨著結果數量增加，傾倒角度也隨之增加，結果數量 40 顆時傾倒角度最大(73.5 度)。
- 2.風力中時，無結果(0 顆)傾倒角度最小(8.5 度)，隨著結果數量增加，傾倒角度也隨之增加，結果數量 40 顆時傾倒角度最大(50 度)。
- 2.風力弱時，無結果(0 顆)傾倒角度最小(2.5 度)，隨著結果數量增加，傾倒角

度也隨之增加，結果數量 40 顆時傾倒角度最大(19.5 度)。

實驗結果分析：

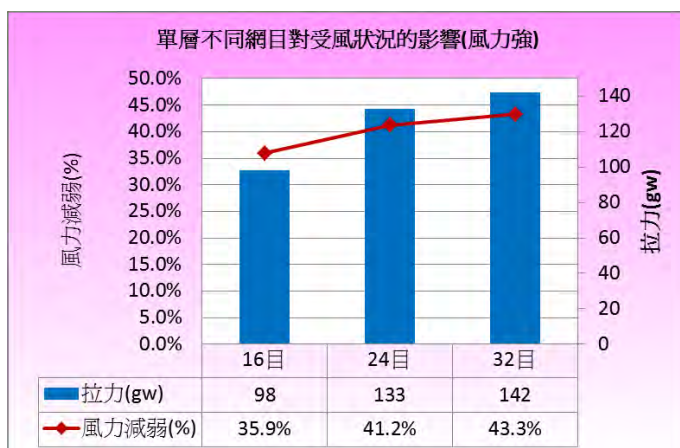
1.在相同的風力時，隨著結果數量的增加，傾倒的角度就愈來愈大，即是木瓜樹受到作用力時，因結果數量的增加而產生較大的力矩，形成較大的傾倒角度。

二、不同防蟲網條件對受風狀況的影響

(一)單層不同網目對受風狀況的影響

	實驗數據統計圖	統計圖說明								
風力弱	<p>單層不同網目對受風狀況的影響(風力弱)</p> <table border="1"> <tr> <td>拉力(gw)</td> <td>20.5</td> <td>24</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>風力減弱(%)</td> <td>9.3%</td> <td>31.0%</td> <td>33.3%</td> </tr> </table>	拉力(gw)	20.5	24	26	風力減弱(%)	9.3%	31.0%	33.3%	<p>1.網目 16 目風力減弱百分比最小(9.3%)，隨著網目數增加，風力減弱百分比也增加，32 目風力減弱百分比最大(33.3%)。24 目與 32 目風力減弱百分比較為相近。</p> <p>2.網目 16 目拉力最小(20.5gw)，隨著網目數增加，拉力也增加，32 目拉力最大(26gw)。24 目與 32 目拉力較為相近。</p>
拉力(gw)	20.5	24	26							
風力減弱(%)	9.3%	31.0%	33.3%							
風力中	<p>單層不同網目對受風狀況的影響(風力中)</p> <table border="1"> <tr> <td>拉力(gw)</td> <td>62</td> <td>81</td> <td>84</td> </tr> <tr> <td>風力減弱(%)</td> <td>18.5%</td> <td>32.6%</td> <td>33.1%</td> </tr> </table>	拉力(gw)	62	81	84	風力減弱(%)	18.5%	32.6%	33.1%	<p>1.網目 16 目風力減弱百分比最小(18.5%)，隨著網目數增加，風力減弱百分比也增加，32 目風力減弱百分比最大(33.1%)。24 目與 32 目風力減弱百分比較為相近。</p> <p>2.網目 16 目拉力最小(62gw)，隨著網目數增加，拉力也增加，32 目拉力最大(84gw)。24 目與 32 目拉力較為相近。</p>
拉力(gw)	62	81	84							
風力減弱(%)	18.5%	32.6%	33.1%							

風力強



- 1.網目 16 目風力減弱百分比最小 (35.9%)，隨著網目數增加，風力減弱百分比也增加，32 目風力減弱百分比最大(43.3%)。24 目與 32 目風力減弱百分比較為相近。
- 2.網目 16 目拉力最小(98gw)，隨著網目數增加，拉力也增加，32 目拉力最大(142gw)。24 目與 32 目拉力較為相近。

實驗結果分析：

- 1.防蟲網隨著網目增加，風力的減弱百分比也隨之增加，拉力也隨之增加，表示防蟲網承受較大的風力作用。
- 2.網目 24 目與 32 目風力減弱的百分比較為相近，且明顯高於 16 目的防蟲網，但隨著風力加強，三種網目除了風力減弱百分比皆明顯提升變大，且差異量有變小的趨勢。因此風力變強時，防蟲網 16 目會有更高的風力減弱百分比。

(二)單層不同角度對受風狀況的影響

實驗數據統計圖



統計圖說明

- 1.90 度的風力減弱百分比最大(46.5%)，隨著防蟲網角度減小，風力減弱百分比也隨之變小，30 度的風力減弱百分比最小(25.4%)。
2. 90 度的拉力最大(95gw)，隨著防蟲網角度減小，拉力也隨之變小，30 度的拉力最小(35gw)。

實驗結果分析：

- 1.防蟲網與風的夾角角度減小時，防蟲網所受拉力變小，表示防蟲網擋住較少的風，因此防

蟲網本身承受較小作用力，故產生較小的拉力。

- 2.原假設當風向與防蟲網擺放夾角角度變小時，會有類似網目增加的效果，風力減弱百分比會增加，拉力也會變大，但實際結果卻是減小。經我們的討論與分析，**拉力變小應是因固定大小的防蟲網傾斜時，垂直的受風面積變小，故防蟲網受到的作用力也隨之變小；**風力減弱百分比變小，則可能是因垂直受風面積變小，風從防蟲網側邊吹過且風速計距離防蟲網 20 公分，因此使風力減弱百分比變小。**(討論六)**

(三)二層不同網目重疊對受風狀況的影響

	實驗數據統計圖	統計圖說明																					
風力弱	<p>不同網目二層重疊對受風狀況的影響</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>網目組合</th> <th>16+24</th> <th>24+16</th> <th>16+32</th> <th>32+16</th> <th>24+32</th> <th>32+24</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>拉力(gw)</td> <td>30</td> <td>30</td> <td>31</td> <td>31</td> <td>35</td> <td>39</td> </tr> <tr> <td>風力減弱(%)</td> <td>44.4%</td> <td>44.4%</td> <td>49.1%</td> <td>49.5%</td> <td>50.5%</td> <td>51.9%</td> </tr> </tbody> </table>	網目組合	16+24	24+16	16+32	32+16	24+32	32+24	拉力(gw)	30	30	31	31	35	39	風力減弱(%)	44.4%	44.4%	49.1%	49.5%	50.5%	51.9%	<p>1.網目 16+24 目風力減弱百分比最小(44.4%)，網目 32+24 風力減弱百分比最大(51.9%)。</p> <p>2.網目 16+24 與 24+16 拉力最小(30gw)，網目 32+24 拉力最大(39gw)。</p>
網目組合	16+24	24+16	16+32	32+16	24+32	32+24																	
拉力(gw)	30	30	31	31	35	39																	
風力減弱(%)	44.4%	44.4%	49.1%	49.5%	50.5%	51.9%																	
風力中	<p>不同網目二層重疊對受風狀況的影響</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>網目組合</th> <th>16+24</th> <th>24+16</th> <th>16+32</th> <th>32+16</th> <th>24+32</th> <th>32+24</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>拉力(gw)</td> <td>95</td> <td>96</td> <td>98</td> <td>99</td> <td>103</td> <td>105</td> </tr> <tr> <td>風力減弱(%)</td> <td>44.7%</td> <td>44.9%</td> <td>45.9%</td> <td>46.7%</td> <td>53.1%</td> <td>53.6%</td> </tr> </tbody> </table>	網目組合	16+24	24+16	16+32	32+16	24+32	32+24	拉力(gw)	95	96	98	99	103	105	風力減弱(%)	44.7%	44.9%	45.9%	46.7%	53.1%	53.6%	<p>1.網目 16+24 目風力減弱百分比最小(44.7%)，網目 32+24 風力減弱百分比最大(53.6%)。</p> <p>2.網目 16+24 拉力最小(95gw)，網目 32+24 拉力最大(105gw)。</p>
網目組合	16+24	24+16	16+32	32+16	24+32	32+24																	
拉力(gw)	95	96	98	99	103	105																	
風力減弱(%)	44.7%	44.9%	45.9%	46.7%	53.1%	53.6%																	
風力強	<p>不同網目二層重疊對受風狀況的影響</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>網目組合</th> <th>16+24</th> <th>24+16</th> <th>16+32</th> <th>32+16</th> <th>24+32</th> <th>32+24</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>拉力(gw)</td> <td>158</td> <td>165</td> <td>166</td> <td>168</td> <td>169</td> <td>176</td> </tr> <tr> <td>風力減弱(%)</td> <td>52.9%</td> <td>53.3%</td> <td>53.6%</td> <td>54.0%</td> <td>57.0%</td> <td>58.1%</td> </tr> </tbody> </table>	網目組合	16+24	24+16	16+32	32+16	24+32	32+24	拉力(gw)	158	165	166	168	169	176	風力減弱(%)	52.9%	53.3%	53.6%	54.0%	57.0%	58.1%	<p>1.網目 16+24 目風力減弱百分比最小(52.9%)，網目 32+24 風力減弱百分比最大(58.1%)。</p> <p>2.網目 16+24 拉力最小(158gw)，網目 32+24 拉力最大(176gw)。</p>
網目組合	16+24	24+16	16+32	32+16	24+32	32+24																	
拉力(gw)	158	165	166	168	169	176																	
風力減弱(%)	52.9%	53.3%	53.6%	54.0%	57.0%	58.1%																	

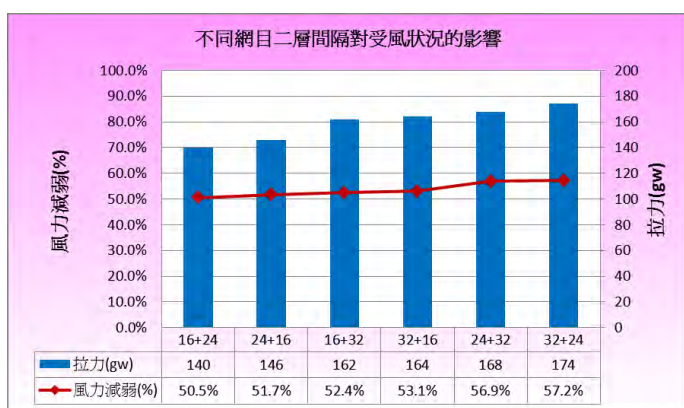
實驗結果分析：

- 1.二層不同網目重疊時，隨著二層相加的網目數量增加，風力減弱百分比也增加，防蟲網所受拉力也隨之增加。
- 2.二層不同網目重疊時，若二層相加網目數相同時，無論是那一種排列，風力減弱百分比與防蟲網所受拉力都是相近的。
- 3.網目 32+16 是新聞報導中，木瓜農夫所使用的組合，在二層網目相加為 48 目，風力強時，如此會得到較大的風力減弱百分比(54%)，亦即相對會使防蟲網承受較大的作用力，若是以前颱風的風力考量，可能會使防蟲網支架無法承擔此風力之作用，因此將 32 目的掀開，只留 16 目的防蟲網，風力減弱百分比可降為(35.9%)，如此也可減少網子承受之作用力，的確是正確之作法。

(四)二層不同網目間隔對受風狀況的影響（間隔 2.5 公分排列）

	實驗數據統計圖	統計圖說明																					
風力弱	<p>不同網目二層間隔對受風狀況的影響</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>網目組合</th> <th>16+24</th> <th>24+16</th> <th>16+32</th> <th>32+16</th> <th>24+32</th> <th>32+24</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>拉力(gw)</td> <td>28</td> <td>30</td> <td>31</td> <td>33</td> <td>34</td> <td>36</td> </tr> <tr> <td>風力減弱(%)</td> <td>40.3%</td> <td>41.7%</td> <td>42.6%</td> <td>45.4%</td> <td>50.5%</td> <td>50.9%</td> </tr> </tbody> </table>	網目組合	16+24	24+16	16+32	32+16	24+32	32+24	拉力(gw)	28	30	31	33	34	36	風力減弱(%)	40.3%	41.7%	42.6%	45.4%	50.5%	50.9%	<ol style="list-style-type: none"> 1.網目 16+24 目風力減弱百分比最小(40.3%)，網目 32+24 風力減弱百分比最大(50.9%)。 2.網目 16+24 拉力最小(28gw)，網目 32+24 拉力最大(36gw)。
網目組合	16+24	24+16	16+32	32+16	24+32	32+24																	
拉力(gw)	28	30	31	33	34	36																	
風力減弱(%)	40.3%	41.7%	42.6%	45.4%	50.5%	50.9%																	
風力中	<p>不同網目二層間隔對受風狀況的影響</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>網目組合</th> <th>16+24</th> <th>24+16</th> <th>16+32</th> <th>32+16</th> <th>24+32</th> <th>32+24</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>拉力(gw)</td> <td>78</td> <td>98</td> <td>100</td> <td>106</td> <td>108</td> <td>110</td> </tr> <tr> <td>風力減弱(%)</td> <td>43.7%</td> <td>44.9%</td> <td>45.7%</td> <td>46.2%</td> <td>53.6%</td> <td>54.1%</td> </tr> </tbody> </table>	網目組合	16+24	24+16	16+32	32+16	24+32	32+24	拉力(gw)	78	98	100	106	108	110	風力減弱(%)	43.7%	44.9%	45.7%	46.2%	53.6%	54.1%	<ol style="list-style-type: none"> 1.網目 16+24 目風力減弱百分比最小(43.7%)，網目 32+24 風力減弱百分比最大(54.1%)。 2.網目 16+24 拉力最小(78gw)，網目 32+24 拉力最大(110gw)。
網目組合	16+24	24+16	16+32	32+16	24+32	32+24																	
拉力(gw)	78	98	100	106	108	110																	
風力減弱(%)	43.7%	44.9%	45.7%	46.2%	53.6%	54.1%																	

風力強



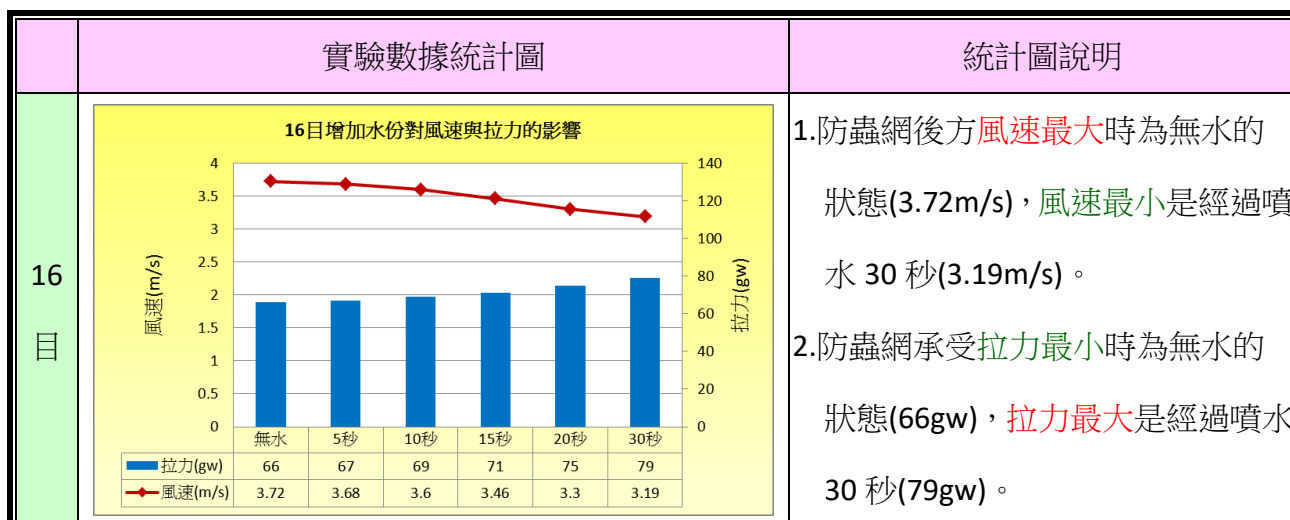
- 1.網目 16+24 目風力減弱百分比最小(50.5%)，網目 32+24 風力減弱百分比最大(57.2%)。
- 2.網目 16+24 拉力最小(140gw)，網目 32+24 拉力最大(174gw)。

實驗結果分析：

- 1.二層不同網目間隔時，隨著二層相加的網目數量增加，風力減弱百分比也增加，防蟲網所受拉力也隨之增加。
- 2.二層不同網目間隔時，若二層相加網目數相同時，網目較多的(孔較小)，排列在較接近風扇者，風力減弱百分比與防蟲網所受拉力都大於網目較少的(孔較大)排列在較接近風扇者。
- 3.二層間隔排列與二層重疊，在相同網目的條件下，風力減弱百分比與防蟲網所受拉力，並無太大的明顯差異。

三、防蟲網增加水份對受風狀況的影響

(一)不同網目增加水份對受風狀況的影響



24
目



- 1.防蟲網後方風速最大時為無水的狀態(2.94m/s)，風速最小是經過噴水 30 秒(1.21m/s)。
- 2.防蟲網承受拉力最小時為無水的狀態(121gw)，拉力最大是經過噴水 30 秒(131gw)。

32
目



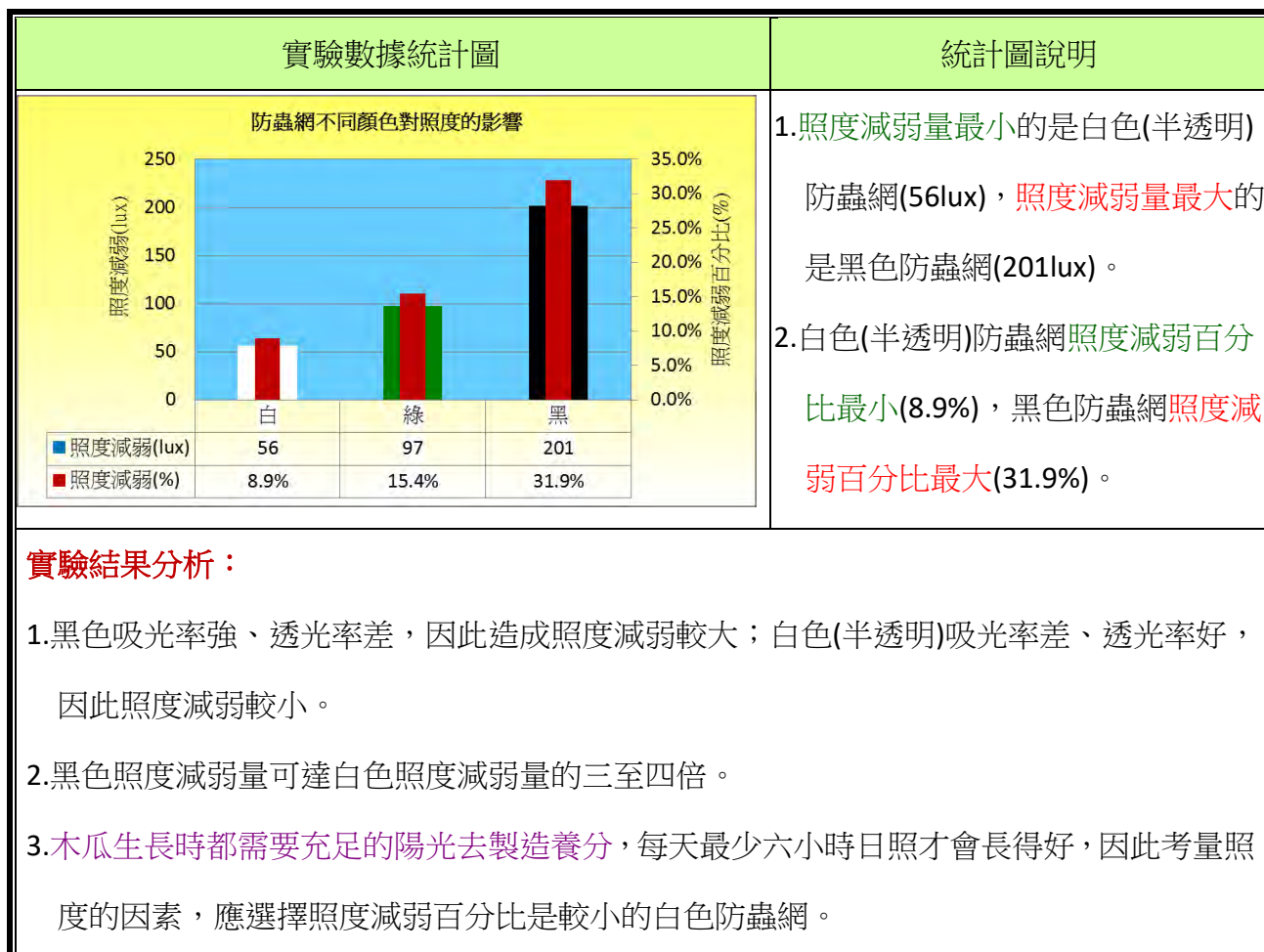
- 1.防蟲網後方風速最大時為無水的狀態(2.84m/s)，風速最小是經過噴水 30 秒(1.01m/s)。
- 2.防蟲網承受拉力最小時為無水的狀態(126gw)，拉力最大是經過噴水 30 秒(137gw)。

實驗結果分析：

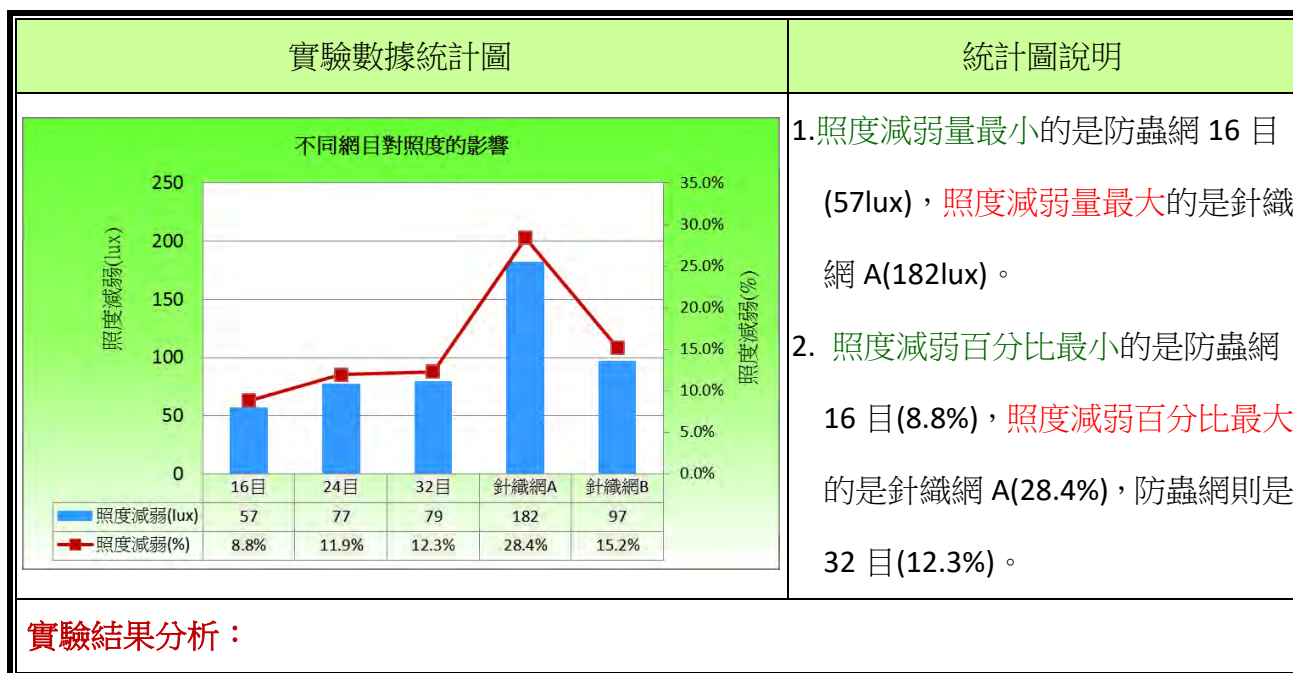
- 1.網目為 16 目時，在噴水器持續對防蟲網噴水時，隨著時間的增加，風速減弱的情況較為平緩，表示水份在附著與穿過防蟲網時，因為孔較大，對防蟲網產生的作用力影響較小。
- 2.網目為 24 目與 32 目時，在噴水器持續對防蟲網噴水時，隨著時間的增加，風速減弱的情況較為明顯，表示水份在附著與穿過防蟲網時，因為孔較小，對防蟲網產生的作用力影響較大。
- 3.在噴水器持續對防蟲網噴水時，隨著時間的增加，所測得的風速持續變小，防蟲網所承受的拉力持續變大。(討論七)
- 4.網目 32+16 是新聞報導中，木瓜農夫所使用的組合，若以此組合方式加上水份作用，將會使風力大幅減弱，相對網子所承受的作用力也將大幅上升，可能會使網子的支架無法承受此作用力而傾倒或網子被吹掀。因此颱風來時，避免狂風暴雨造成的作用力太大，把 32 目的防蟲網掀開，是正確的作法。

四、不同防蟲網條件對照度的影響

(一)不同顏色對照度的影響

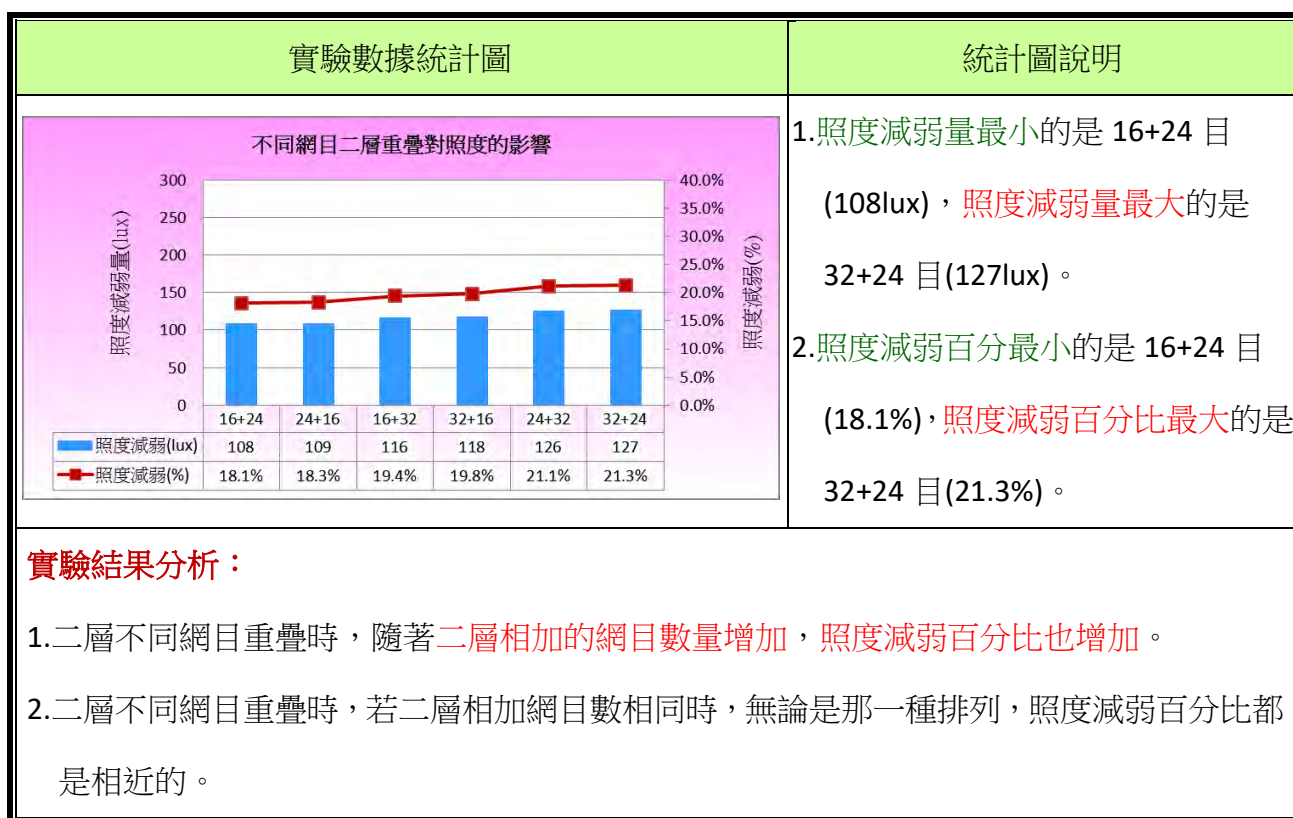


(二)單層不同網目對照度的影響

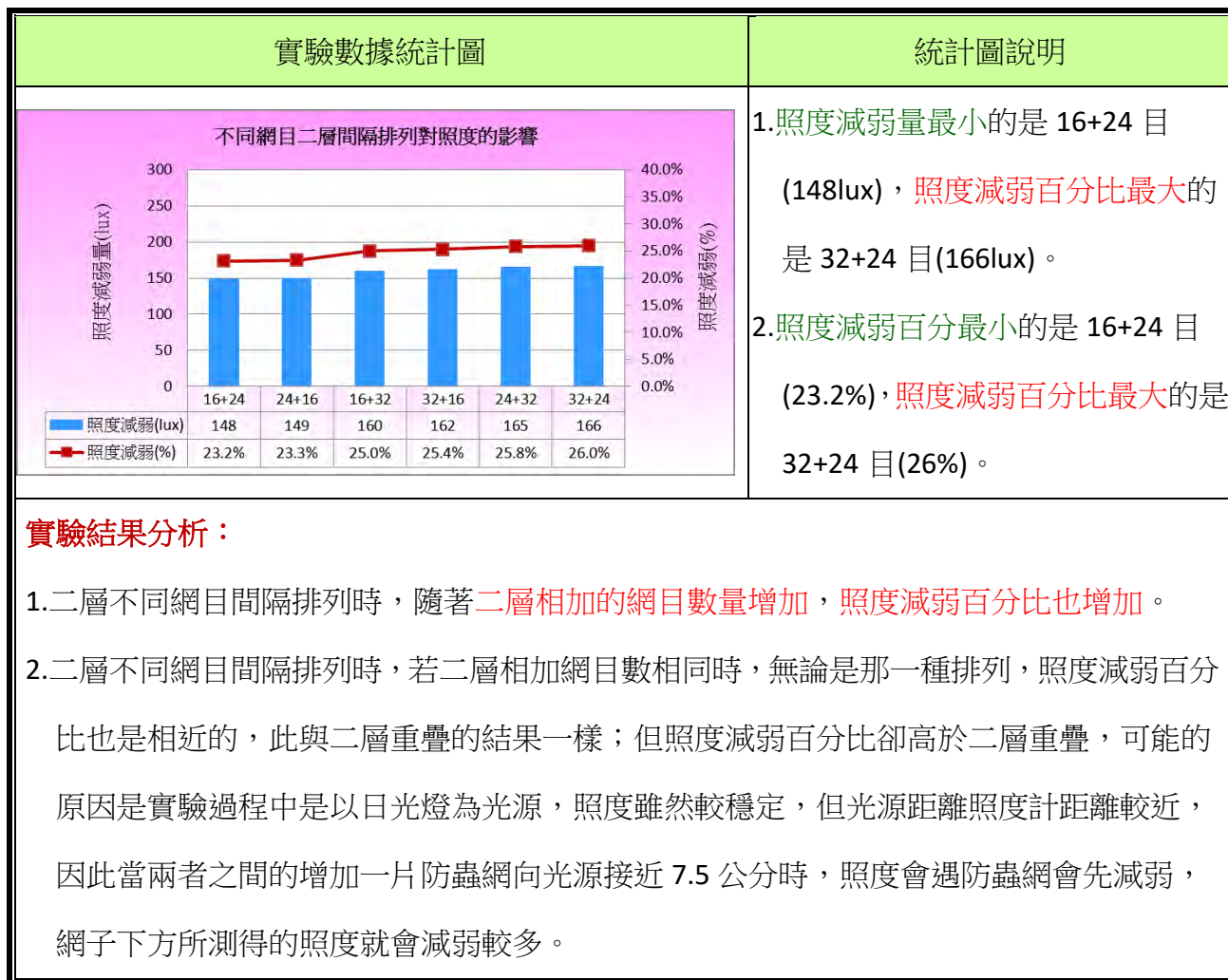


- 1.防蟲網 16 目、24 目、32 目三者，隨著網目數的增加，照度減弱量也增加，而 24 目與 32 目較為接近，且明顯大於 16 目。
- 2.防蟲網是屬於半透明線材單絲交錯而形成的網子，針織網 A 和針織網 B 則是屬於編織的方式所形成的網子，因此在網子材質、顏色、網目數與製成方式的差異，而造成防蟲網與針織網照度減弱百分比明顯的不同，若需照度減弱百分比較大的，可選用黑色的針織網。**(討論四)**
- 3.考量照度的因素，種植木瓜應選擇照度減弱百分比是較小的 16 目防蟲網。

(三)二層不同網目重疊對照度的影響



(四)二層不同網目間隔對照度的影響



陸、討論

一、一般認為距離風扇愈近，風力就會愈強，可是在此次的研究中，我們發現：**最接近風扇的位置，風力未必是最強的**。如圖 18，本研究使用的三種風扇中，距離電風扇 50 公分是風力最強的，距離循環扇 60 公分是風力最強的，距離工業扇約 60 至 70 公分是風力最強的。

二、不同的電風扇，除了有風力大小的差異外，還有什麼不一樣的呢？經過我們的實驗結果，我們發現：我們研究所使用的風扇，**電風扇的風力變化範圍較大**；**工業扇雖風力強，但風力變化範圍較小**；**循環扇與電風扇風力變化範圍相近，但風力較為穩定，起伏變化較小**。如圖 19。

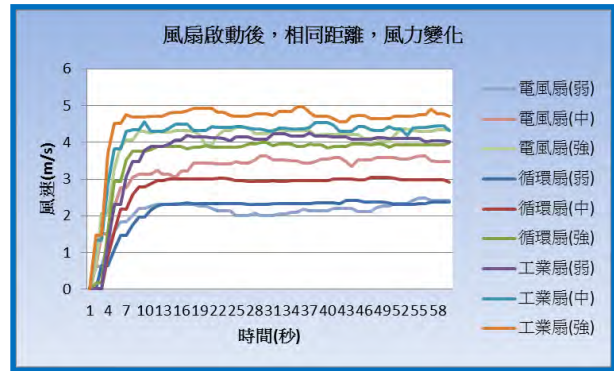
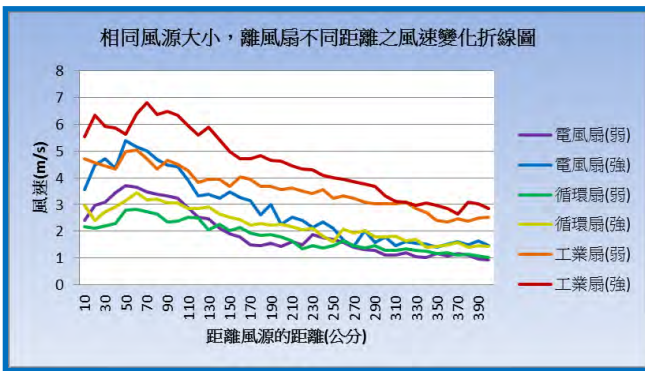


圖 18 相同風源大小，不同距離之風速變化 圖 19 相同風源大小，不同時間之風速變化

三、木瓜樹模型測量裝置主要是依木瓜樹與風的關係，進行變因的設定，以**槓桿原理**支點在中間的方式，設計製作測量裝置，透過支點上方風力對木瓜樹形成的力矩作用，使支點下方產生對應的偏轉角度，即可以得知支點上方木瓜樹所承受的作用力大小。

四、**防蟲網**與**針織網**皆可用聚乙烯(PE)或高密度聚乙烯(HDPE)為材質，但**防蟲網**的目的為防蟲，此以**單絲**交錯形成矩形孔洞，以**網目為規格**，如圖 20，製作上較為簡捷，成本也較低，不同的網目以不同線徑製作，如圖 21，不同網目有不同的防蟲效果；**針織網**的主要目的則為遮光，因此是以**遮光率為其規格**，而不以網目為規格，是由較細的單絲**編織**而成的，如圖 22，從我們的照度實驗中，也的確發現針織網的遮光效果是高於防蟲網的。

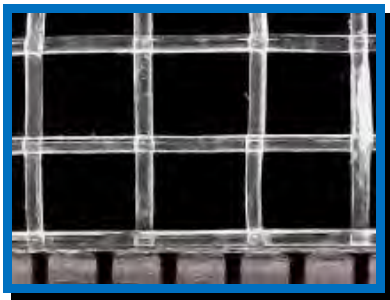


圖 20 防蟲網 16 目

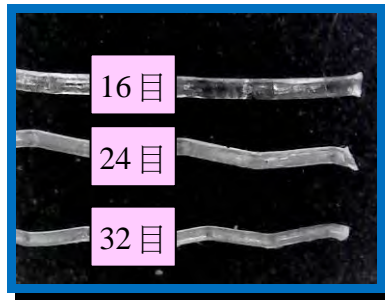


圖 21 防蟲網不同線徑



圖 22 針織網

五、防蟲網與風的作用，除了可以透過網子後方的風速變化與網子所承受的拉力變化得知外，我們也嘗試用**煙霧機**的煙來進行實驗測試(煙霧機的煙因為是加熱煙霧油而產生煙霧，故產生的煙會因為本身是熱的而上升)，結果如下：

	防蟲網垂直立於煙霧機前	防蟲網有傾斜角度立於煙霧機前
無防蟲網		
16目		
32目		
說明	<p>1.防蟲網 16 目前側(靠近煙霧機)，有少許的煙被防蟲網所擋回。</p> <p>2.防蟲網 32 目的前側有較多煙被防蟲網所擋回，可見防蟲網真有阻擋減弱風力的效果。</p> <p>3.防蟲網後方的風速變慢時，煙就變得比較白。</p>	<p>1.防蟲網傾斜時，煙會從防蟲網側邊流過防蟲網。</p> <p>2.傾斜角較大、網目為 32 目時，煙的下緣經過防蟲網後有向上轉彎的情形發生。除了可能因煙穿透防蟲網時產生的偏轉作用，亦可能因煙速降低，煙本身的熱，造成上升。</p>

六、我們以塑膠膜(無孔)代替防蟲網，進行受風狀況的測量實驗，結果如圖 23，距離 5 公分時，雖風速為 0.02m/s，但實際風速計的風扇會有時順時針轉，有時逆時針轉，應是有亂流的情況發生。原以為塑膠膜擋住，後方風速就應該為 0m/s，但由實驗發現塑膠膜後

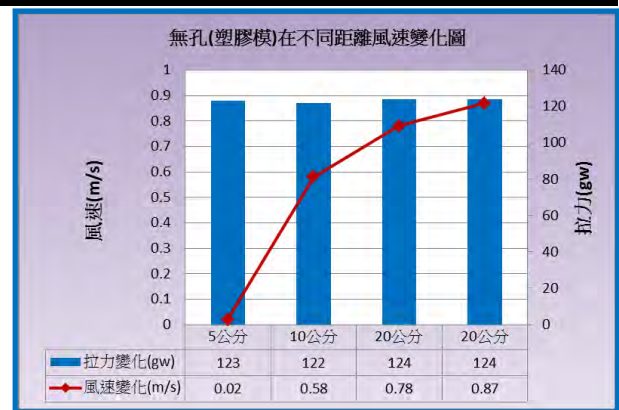




圖 23 塑膠膜在不同距離的風速變化圖

方仍有氣流流動，且離塑膠膜距離增加時，風速有增加的趨勢。而塑膠膜承受的拉力則無太大的明顯變化。

七、颱風通常會夾帶雨量而來，是風雨交加的情形，而下雨的水份對防蟲網的風力變化有何影響呢？透過我們的實驗可以發現水份有著相當大的影響，這也是新聞報導中的木瓜農為什麼在颱風來時，要把 32 目的防蟲網掀開的原因。

防蟲網 16 目	防蟲網 32 目
	
<p>說明：</p> <ol style="list-style-type: none">1.防蟲網 16 目，因孔洞較 32 目大，當水附著在網子上時，會因重力而向下滑動，此時若加上風的吹襲，水珠會因風的吹襲而穿過防蟲網，而此時除了增加網子的重量，也會增加網子所受的拉力。2. 防蟲網 32 目，因孔洞較 16 目細小，當水附著在網子上時，會因重力而向下滑動，此時若加上風的吹襲，水珠會因防蟲網的孔洞太小而不易穿過防蟲網，而在防蟲網形成水膜般的狀態，除了增加網子的重量外，此時風力作用於網子，所形成的拉力，會大幅上升。	

八、木瓜農民用刀剖切樹幹的倒株的矮化技術，經過倒株矮化的木瓜樹，因為樹心被破壞，導致成長變慢，不過木瓜的採收期卻因此拉長，果肉的口感也變得更加緊實甜美，同時因為降低木瓜樹莖的高度，可以有效減少高大的木瓜樹被強風吹倒的情形發生，同時也方便木瓜果實的採收。



圖 24 倒株矮化的木瓜樹

柒、結論

一、不同木瓜樹特徵對受風狀況的影響

- (一)在相同的風力時，隨著葉片數量愈來愈多，傾倒的角度就愈來愈大，即是木瓜樹受到作用力時，因葉片數量多而產生較大的力矩，形成較大的傾倒角度。
- (二)在相同的風力時，隨著莖的高度愈高，傾倒的角度就愈來愈大，即是木瓜樹受到作用力時，因葉片莖的高度較高而產生較大的力矩，形成較大的傾倒角度。
- (三)在相同的風力時，隨著抓地力愈強，傾倒的角度就愈來愈小，即是木瓜樹受到作用力時，因抓地能力愈強而能抵抗土壤上方木瓜樹產生的較大力矩，形成較小的傾倒角度。
- (四)在相同的風力時，隨著結果數量的增加，傾倒的角度就愈來愈大，即是木瓜樹受到作用力時，因結果數量的增加而產生較大的力矩，形成較大的傾倒角度。

二、不同防蟲網條件對受風狀況的影響

- (一)單層防蟲網隨著網目增加，風力的減弱百分比也隨之增加，拉力也隨之增加，表示防蟲網承受較大的風力作用。
- (二)單層防蟲網從實驗中的結果，與風向夾角最大 90 度時，風力減弱百分比為最大，防蟲網所受到的作用力也最大，隨著夾角角度變小，風力減弱百分比變小，防蟲網所受到的作用力也變小，此與實驗時，防蟲網的尺寸大小固定，當改變角度時，防蟲網的垂直受風面積變小，而造成與實際的情況可能有所不同，此項模擬實驗研究結果與實際情況可能產生的差異，應再進行更深入的研究與討論分析。
- (三)二層不同網目重疊時，隨著二層相加的網目數量增加，風力減弱百分比也增加，防蟲網所受拉力也隨之增加。
- (四)二層不同網目間隔時，隨著二層相加的網目數量增加，風力減弱百分比也增加，防蟲網所受拉力也隨之增加；當風力相同時，網目排列方式相同，二層重疊不同網目的風力減弱百分比與防蟲網承受拉力會大於不同網目二層間隔排列。

三、防蟲網增加水份對受風狀況的影響

- (一)在水份不斷噴灑在防蟲網時，隨著時間的增加，所測得的風速持續變小，防蟲網所承受

的**拉力持續變大**；32 目的風速下降稍大於 24 目且遠大於 16 目；32 目所承受的拉力大於 24 目且遠大於 16 目。

四、不同防蟲網條件對照度的影響

(一)不同顏色防蟲網對照度有不同的影響，「**黑色**」大於「**綠色**」大於「**白色(半透明)**」其中，黑色照度減弱量可達白色(半透明)照度減弱量的三至四倍。

(二)單層不同網目對照度有不同的影響，隨著**網目數的增加**，**照度減弱量也增加**；其中 24 目與 32 目的照度較為接近，且明顯大於 16 目。

(三)二層不同網目重疊時，隨著**二層相加的網目數量增加**，**照度減弱百分比也增加**。

(四)二層不同網目間隔排列時，隨著二層相加的網目數量增加，照度減弱百分比也增加；相同的光源照度時，網目排列方式相同，不同網目二層間隔排列的**照度減弱百分比**會大於不同網目二層重疊。

五、**木瓜樹有「網」不怕「風」**，藉由科學的實驗與證明，架設有雙層防蟲網的網室，平時可有效防蟲害，颱風來時，將 32 目的掀開，留下 16 目，可減少防蟲網和木瓜樹被颱風的狂風暴雨吹倒；加上降低木瓜莖的高度，亦可減少木瓜樹被狂風吹倒的可能性，同時又可方便採收。



圖 25 防蟲網內之木瓜樹模型

六、依據本研究的結果，未來可以思考與嘗試 16 目在外、32 目在內且以適當距離為間隔，如此不用掀防蟲網，就可以達到平時防蟲，颱風季節也可防風防雨的最佳方式。

捌、參考資料

一、王美芬（2015）。國民小學自然與生活科技三上。新北市：康軒。

二、王美芬（2015）。國民小學自然與生活科技五上。新北市：康軒。

三、王美芬（2015）。國民小學自然與生活科技六下。新北市：康軒。

四、吳寶芬（2013）。臺灣木瓜產業發展與前瞻。農糧署。

<https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=2447893>

五、洽成穩製廠(股)公司。<http://www.hsiachen.com.tw/tw/>

六、唯壹國際股份有限公司(網站資料)。<https://www.viewpointtw.com/cht/>

【評語】 080109

針對木瓜樹防蟲網的密度對風、光、雨等變因做研究。算是一個相當的在地化，也是十分具有實用價值的題目。能設計模擬實驗進行各種探討研究，實屬難得。利用3d列印製作研究對象的縮小模型是很好的點子。此作品的結果，可說明瓜農在颱風天防颱的措施，到此作品驗證。如果研究過程中，有些相同的變因如果能夠盡量保持在相同條件，部分實驗變因能更加周詳設計整體的工作完整度會大幅地提升，將是一個很好很實際的主題。

摘要

一則新聞報導指出：一位木瓜農民找出效果最佳的防蟲網使用方式，讓他的木瓜園不怕蟲害，更不怕颱風侵襲。考慮颱風的風和雨與木瓜樹需日照充足之條件，我們自己設計與製作測量裝置，並進行相關的研究實驗，結果發現：木瓜樹葉片數量多、莖的高度高、結果數量多，會使木瓜樹受風吹襲時產生較大的力矩，造成容易傾倒；抓地能力增強時，則可以抵抗較大力矩，使木瓜樹不易傾倒。單層的防蟲網隨著網目的增加、二層不同網目重疊或間隔、增加水份，都會使風力減弱百分比增加，防蟲網承受的作用力增加。防蟲網為黑色、網目的增加與二層的重疊或間隔，都會降低照度。木瓜園平時防蟲時使用 16 目與 32 目重疊，颱風來時，掀開 32 目留下 16 目，是較佳的選擇。

壹、研究動機

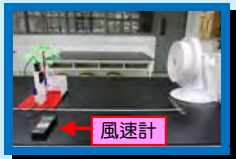
每到颱風來臨時，強風暴雨將農民們辛辛苦苦耕耘的結果毀於一旦，難道颱風帶來的損失我們只能默默承受嗎？一則新聞報導指出：一位木瓜農民曾苦惱於颱風的問題，在他努力不懈，經過多次的努力，終於找出效果最佳的防蟲網組合與使用方式，讓他的木瓜園不會怕蟲害，更不怕颱風的侵襲。看完這篇報導後，我們心中感到疑惑，「防蟲網難道真的有這麼神奇的作用嗎？」所以我們決定設計實驗進行研究，驗證防蟲「網」對「風」的作用為何？

貳、研究目的

- 不同木瓜樹特徵對受風狀況的影響
 - 不同葉片數量對受風狀況的影響
 - 不同木瓜莖高度對受風狀況的影響
 - 不同抓地力對受風狀況的影響
 - 不同結果數量對受風狀況的影響
- 不同防蟲網條件對受風狀況的影響
 - 單層不同網目對受風狀況的影響
 - 單層不同角度對受風狀況的影響
 - 二層不同網目重疊對受風狀況的影響
 - 二層不同網目間隔對受風狀況的影響
- 防蟲網增加水份對受風狀況的影響
 - 不同網目增加水份對受風狀況的影響
- 不同防蟲網條件對照度的影響
 - 不同顏色對照度的影響
 - 單層不同網目對照度的影響
 - 二層不同網目重疊對照度的影響
 - 二層不同網目間隔對照度的影響

參、研究設備及器材

1. 3D 印表機 × 1 台	2. 風速計 × 1 台
3. 電子推拉計 × 1 台	4. 照度計 × 1 台
5. 煙霧機 × 1 台	6. USB 顯微鏡 × 1 台
7. 防蟲網 × 1 批	8. 工業扇 × 1 台
9. 針織網 × 1 批	10. 循環扇 × 1 台
11. 噴水器 × 2 個	12. 電風扇 × 1 台
13. 磁鐵條 × 32 條	14. 砝碼 × 1 批
15. 螺帽 × 50 顆	16. 厚紙板 × 1 批
17. 綠色泡棉 × 10 張	18. 塑膠板 × 12 片
19. 細塑膠棒 × 10 支	20. 塑膠板車 × 8 台



木瓜樹模型與風力測量裝置



防蟲網受風測量裝置



防蟲網照度測量裝置

肆、研究過程及方法

一、不同木瓜樹特徵對受風狀況的影響

(一) 不同葉片數量對受風狀況的影響



(二) 不同木瓜莖高度對受風狀況的影響



(三) 不同抓地力對受風狀況的影響

	5 顆	6 顆	7 顆	8 顆	9 顆	10 顆
重量						
gw	18.393	22.069	25.762	29.464	33.110	36.792
圖示						

(四) 不同結果數量對受風狀況的影響

	0 顆	10 顆	20 顆	30 顆	40 顆
重量					
gw	0	19.1	38.17	57.3	76.37
圖示					

二、不同防蟲網條件對受風狀況的影響

(一) 單層不同網目對受風狀況的影響

	16 目	24 目	32 目	針織網 A	針織網 B
圖示					

(二) 單層不同角度對受風狀況的影響

	90 度	80 度	70 度	60 度	50 度	40 度	30 度
圖示							



(三) 二層不同網目重疊對受風狀況的影響

	16+24	24+16	16+32	32+16	24+32	32+24
圖示						

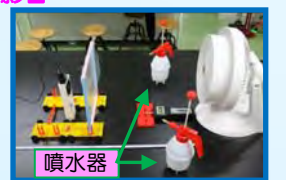
(四) 二層不同網目間隔對受風狀況的影響(間隔距離 2.5 公分)

	16+24	24+16	16+32	32+16	24+32	32+24
圖示						

三、防蟲網增加水份對受風狀況的影響

(一) 不同網目增加水份對受風狀況的影響

	16 目	24 目	32 目
圖示			

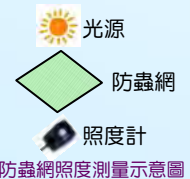


增加噴水器之風力測量裝置

四、不同防蟲網條件對照度的影響

(一) 不同顏色對照度的影響

	16 目	24 目	32 目
圖示			



防蟲網照度測量示意圖

(二) 單層不同網目對照度的影響

	16 目	24 目	32 目	針織網 A	針織網 B
圖示					

(三) 二層不同網目重疊對照度的影響

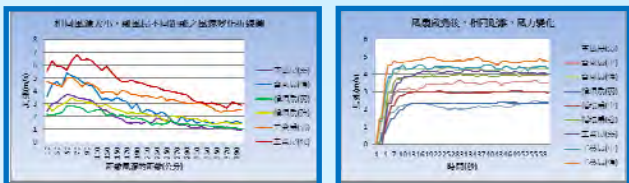
	16+24	24+16	16+32	32+16	24+32	32+24
圖示						

(四) 二層不同網目間隔對照度的影響(間隔距離 7.5 公分)

	16+24	24+16	16+32	32+16	24+32	32+24
圖示						

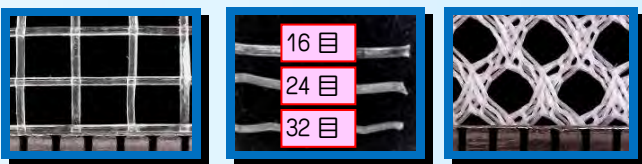
陸、討論

- 一、一般認為距離風扇愈近，風力就會愈強，可是在此次的研究中，我們發現：**最接近風扇的位置，風力未必是最強的**。本研究使用的三種風扇中，距離電風扇 50 公分是風力最強的，距離循環扇 60 公分是風力最強的，距離工業扇約 60 至 70 公分是風力最強的。
- 二、不同的電風扇，除了有風力大小的差異外，還有什麼不一樣的呢？經過我們的實驗結果，我們發現：我們研究所使用的風扇，**電風扇的風力變化範圍較大**；**工業扇雖風力強，但風力變化範圍較小**；**循環扇與電風扇風力變化範圍相近，但風力較為穩定，起伏變化較小**。



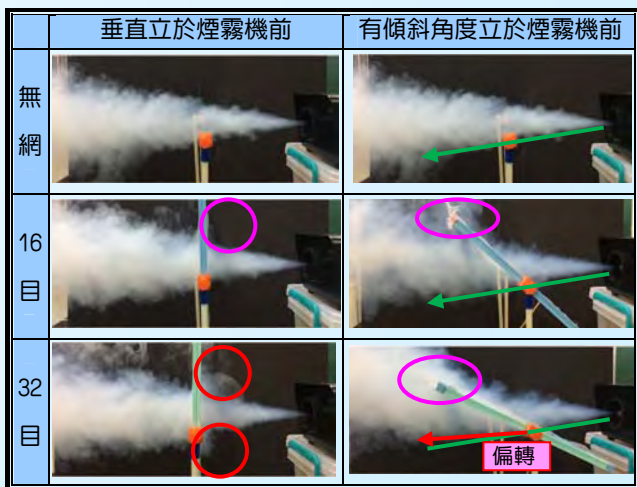
相同風源大小，不同距離之風速 相同風源大小，不同時間之風速

- 三、木瓜樹模型測量裝置主要是依木瓜樹與風的關係，進行變因的設定，以**槓桿原理**支點在中間的方式，設計製作測量裝置，透過支點上方風力對木瓜樹形成的力矩作用，使支點下方產生對應的偏轉角度，即可以得知支點上方木瓜樹所承受的作用力大小。
- 四、**防蟲網**與**針織網**皆可用聚乙烯 (PE) 或高密度聚乙烯 (HDPE) 為材質，**防蟲網**的目的為防蟲，此以**單絲**交錯形成矩形孔洞，以**網目**為規格，製作上較為簡捷，成本也較低，不同的網目以不同線徑製作；**針織網**的主要目的則為遮光，以**遮光率**為其規格，由較細的單絲**編織**而成的，從照度實驗中，發現針織網的遮光效果是高於防蟲網的。

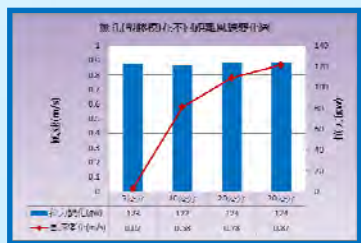


防蟲網 16 目 防蟲網不同線徑 針織網

- 五、**防蟲網**與風的作用，除了可以透過網子後方的風速變化與網子所承受的拉力變化得知外，我們也嘗試用**煙霧機**的煙來進行實驗測試（煙霧機的煙因為是加熱煙霧油而產生煙霧，故產生的煙會因為本身是熱的而上升），結果如下：

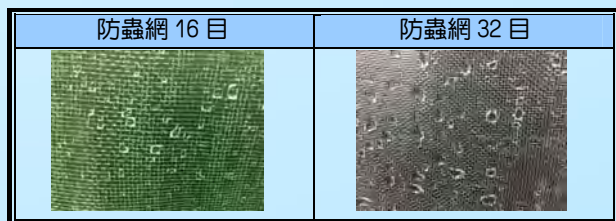


- 六、我們以**塑膠膜**（無孔）代替防蟲網，進行受風狀況的測量實驗，**距離 5 公分**時，雖**風速為 0.02m/s**，但實際風速計的風扇會時順時針轉，有時逆時針轉，應是**有亂流的情況發生**。原以為塑膠膜擋住，後方風速就應該為 0m/s，但由實驗發現塑膠膜後方仍有氣流流動，且**離塑膠膜距離增加時，風速有增加的趨勢**。



塑膠膜在不同距離的風速變化圖

- 七、**颱風**通常會夾帶雨量而來，是風雨交加的情形，而下雨的水份對防蟲網的風力變化有何影響呢？透過我們的實驗可以發現**水份有著相當大的影響**。



- 八、木瓜農民用刀剖切樹幹的**倒株的矮化技術**，經過倒株矮化的木瓜樹，因為樹心被破壞，導致成長變慢，不過木瓜的採收期卻因此拉長，果肉變得更加緊實甜美，同時因為**降低木瓜樹莖的高度，可以有效減少高大的木瓜樹被強風吹倒**的情形發生，同時也方便木瓜果實的採收。



倒株矮化的木瓜樹

柒、結論

一、不同木瓜樹特徵對受風狀況的影響

- (一)在相同的風力時，隨著**葉片數量**愈來愈多，**傾倒的角度**就愈來愈大，即是木瓜樹受到作用力時，因葉片數量多而產生較大的力矩，形成較大的傾倒角度。
- (二)在相同的風力時，隨著**莖的高度**愈高，**傾倒的角度**就愈來愈大，即是木瓜樹受到作用力時，因葉片莖的高度較高而產生較大的力矩，形成較大的傾倒角度。
- (三)在相同的風力時，隨著**抓地力**愈強，**傾倒的角度**就愈來愈小，即是木瓜樹受到作用力時，因抓地能力愈強而能抵抗土壤上方木瓜樹產生的較大力矩，形成較小的傾倒角度。
- (四)在相同的風力時，隨著**結果數量**的增加，**傾倒的角度**就愈來愈大，即是木瓜樹受到作用力時，因結果數量的增加而產生較大的力矩，形成較大的傾倒角度。

二、不同防蟲網條件對受風狀況的影響

- (一)單層防蟲網隨著**網目**增加，**風力的減弱百分比**也隨之增加，**拉力**也隨之增加，表示防蟲網承受較大的風力作用。
- (二)單層防蟲網從實驗中的結果，與風向夾角最大 90 度時，**風力減弱百分比**為最大，防蟲網所**受到的作用力**也最大，隨著夾角角度變小，風力減弱百分比變小，防蟲網所受到的作用力也變小，此項模擬實驗研究結果與實際情況可能產生的差異，應再進行更深入的研究與討論分析。
- (三)二層不同網目重疊時，隨著**二層相加的網目數量**增加，**風力減弱百分比**也增加，防蟲網所**受拉力**也隨之增加。
- (四)二層不同網目間隔時，隨著**二層相加的網目數量**增加，**風力減弱百分比**也增加，防蟲網所**受拉力**也隨之增加；當風力相同時，網目排列方式相同，**二層重疊**不同網目的**風力減弱百分比**與防蟲網承受拉力會**大於**不同網目**二層間隔**排列。

三、防蟲網增加水份對受風狀況的影響

- (一)在**水份不斷噴灑**在防蟲網時，隨著**時間**的增加，所測得的**風速**持續變小，防蟲網所承受的**拉力**持續變大；32 目的風速下降稍大於 24 目且遠大於 16 目；32 目所承受的拉力大於 24 目且遠大於 16 目。

四、不同防蟲網條件對照度的影響

- (一)不同顏色防蟲網對照度有不同的影響，**「黑色」**大於**「綠色」**大於**「白色(半透明)」**其中，黑色照度減弱量可達白色(半透明)照度減弱量的三至四倍。
- (二)單層不同網目對照度有不同的影響，隨著**網目數**的增加，**照度減弱量**也增加；其中 24 目與 32 目的照度較為接近，且明顯大於 16 目。
- (三)二層不同網目重疊時，隨著**二層相加的網目數量**增加，**照度減弱百分比**也增加。
- (四)二層不同網目間隔排列時，隨著**二層相加的網目數量**增加，**照度減弱百分比**也增加；相同的光源照度時，網目排列方式相同，不同網目**二層間隔**排列的**照度減弱百分比**會**大於**不同網目**二層重疊**。

- 五、木瓜樹有**「網」**不怕**「風」**，藉由科學的實驗與證明，架設有雙層防蟲網的網室，平時可有效防蟲害，颱風來時，將 32 目的掀開，留下 16 目，可減少防蟲網和木瓜樹被颱風的狂風暴雨吹倒；加上降低木瓜莖的高度，亦可減少木瓜樹被狂風吹倒的可能性，同時又可方便採收。

- 六、依據本研究的結果，未來可以思考與嘗試 **16 目在外、32 目在內**且以**適當距離**為間隔，如此不用掀防蟲網，就可以達到平時防蟲，颱風季節也可防風防雨的最佳方式。

捌、參考資料及其它

- 一、吳寶芬 (2013). 臺灣木瓜產業發展與前瞻. 農糧署. <https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=2447893>
- 二、洽成穩製版(股)公司(網站資料). <http://www.hsiachen.com.tw/tw/>
- 三、唯壹國際股份有限公司(網站資料). <https://www.viewpointtw.com/cht/>

