

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

最佳(鄉土)教材獎

080803

普降甘霖－區域性焚風防制系統的可行性研究

學校名稱：臺東縣臺東市豐榮國民小學

作者：	指導老師：
小六 陳俊安	李佳玲
小四 趙 珀	
小六 陳孟謙	
小六 羅韋如	

關鍵詞：焚風、灑水系統

摘要

焚風在台東地區造成果樹表皮焦黑、無法成熟等影響，也讓心苦栽種農產品無法賣出，農損相當大。因此我們想設計出經濟有效的方法，能在焚風到達果樹之前做出預防性的措施。由實驗結果發現，在焚風未達果樹之前可以做數道灑水系統，灑水間隔越密越能降低溫度並增加溼度，加上果園內的灑水系統就能有效降溫。另外也發現，前一個區域經過灑水之後對後一個區域也有降溫的效果。

普降甘霖-區域性焚風防制系統的可行性研究

壹、研究動機：

親戚時常會送釋迦到家中分享，好幾次在吃釋迦時，看到釋迦有焦黑的外皮，表姊說這一些長了黑斑曬傷的釋迦都賣不出去了，只能分送親友，一問之下，才知道是台東地區焚風所造成的影響。眼看這些辛苦栽種、為養家活口的農產品，因為氣候因素造成損失無償，更讓我們堅決要設計能減少災害損失的系統，為此我們上網找尋資料，我們發現台東農改場多年前有引進對抗焚風的果園灑水灌溉系統，試圖針對焚風對台東的農作物能與改善，我們實地到有裝設此設備的農友家實地勘查，釋農表示此種無線感應系統並非非常靈敏，且焚風要到達果園之後感測到溫度才會噴灑，噴灑區域也只是局部，而目前以手動啟動灑水的機會較多，加上價格不菲，裝設的農友並不多，因此我們想改良設計一套灑水系統希望焚風在未到達果園之前就能先啟動裝置，做好預防的措施，有效減少焚風對果樹生長及產量影響並能節省水資源。

貳、文獻探討：

一、關於台東焚風

從蒐集的資料中得知，在台東地區要是當有颱風通過台灣北部時，這個巨大夾帶水氣體的低氣壓會在台南附近產生一道西風或西南風，水氣在上山過程中消耗殆盡，下山吹過台東地區便易形成焚風現象，這和我們實地去訪問釋農所得到的訊息是一樣的，台東吹起過山的焚風，其高溫可達 40.2℃，造成當季的農業損失，尤其以著名的水果-釋迦損失最大，因此時為釋迦的開花結果期，致產量銳減造成果農嚴重損失。另外從 45 屆科展作品中再次驗證台東地區(包含太武、成功、台東)因颱風引發焚風的次數較台灣其他區域多，而每發生的時間從 2-17 小時，白天夜晚皆有可能發生，但亦夜晚居多，可能是夏季颱風季節，白天氣溫較高，夜晚氣溫稍低，晚間遇到焚風時就會產生氣溫、相對溼度變化較大(30%~55%)的情形。

二、果樹灌溉系統

這幾年來氣候變化異常，台東地區常在颱風前後發生的焚風現象，2011 年在沒有颱風的情況下，發生了多次的高溫焚風現象，讓農民疲於奔命到果園澆水降溫，經網路查詢到台東農改場曾於 96 年研發一種無線焚風感測灌溉系統，當偵測到焚風時，就能自動進行澆灌，保護果樹減少損失。它的原理是利用一支放在果園裡的偵測器來偵測果園環境的溫濕度，一旦偵測到溫濕度異常，即利用無線傳輸到好幾百公尺外的灌溉系統，自動啟動澆灌幫果樹降溫。雖然這種無線焚風感測灌溉系統，可以減少農業損失，但是這樣的一套設備，花費動輒數十萬元，並非一般農民可以負擔。而且據台東農改場

表示，這種焚風感測灌溉系統約 1-2 頃的果園就必須裝設一套方能達到效果，實無法有效全面改善台東地區焚風的影響。故本實驗研究目的，即在尋求一套可以改善目前窘境的办法。

參、研究目的：

- 一、模擬焚風效應。
- 二、了解焚風效應對農作物生長情形不良影響之研究。
- 三、焚風造成農作物生長情形不良的改善方法。

肆、研究設備與器材：

風洞試驗	焚風模擬	植栽	受焚風影響農作物的改變
塑膠瓦楞板 吸管	熱風機(熱空氣) 除濕機(乾燥空氣)	玻璃瓶 濕棉花球 厚紙板	電子磅秤
溫度測量	改善焚風	時間測量	植物
手持式風速儀	噴霧器	碼錶	銅錢草 合果芋

伍、研究方法與過程：

一、植栽的選定

一般而言，當外在環境在相同的條件之下，影響蒸散速率的原因有葉面積、氣孔（大小、密度、分佈）及導管。相同條件下，單位面積比較，草本植物蒸散作用速率較木本植物快，且蒸散作用速率與植物氣孔分佈數量、氣孔大小無顯著直接相關。風吹空氣流動可增加植物的蒸散作用，但當風速過強，植物水分過度失去時，會發生凋萎現象，植物的蒸散作用量反而降低，且空氣移動也可加速水分蒸散。據此本研究選用校園花園普遍常見的合果芋、銅錢草及繁星花來作為葉片蒸散速率的測定。

試驗步驟第一種是摘取校園合果芋葉片(5*5cm)與約 7 公分的莖部；第二種從花園中連根拔取銅錢草，採活體植栽模擬真實植物，讓蒸散作用能持續進行，根部部分以濕棉花包覆，第三種再以整株繁星花模擬真實植物，土壤及根部並以錫箔紙包覆，以測得植物葉片水分蒸散情形。



二、風洞試驗設計說明

本研究為減少人為誤差，模擬焚風的方式採用風洞試驗，並採用簡易素材設計風洞試驗來模擬焚風，用塑膠瓦楞板裁折成 Γ 字型， Γ 型風洞長度全長 300 公分，在 Γ 型最上方平面處每 15、115、215 公分處各裁剪一個 $2 \times 2\text{cm}$ (噴水孔)、 $4 \times 1.5\text{cm}$ (溫度計插孔) 與 $15 \times 15\text{cm}$ (植栽觀察孔)。熱風機與除濕機結合擺於風洞一端，另一端露於空氣中，不讓物品遮蔽住。三個孔用膠帶(噴霧孔、溫度計放置孔、植栽觀察孔))黏住，讓空氣不外流，視實驗需要再開啓。



三、蜂巢裝置

爲了讓空氣能在風洞內均勻流動，我們用波霸奶茶吸管剪成小段，黏接成一個約半徑 10 公分的圓，放置於熱風來源處。



四、焚風模擬

焚風特色不僅是溫度高而且空氣乾燥，因此本實驗將熱風機與除濕機(相對溼度 40%)用大壁報紙結合，讓除濕機的乾燥空氣經由熱風機傳送出來，兩種空氣結合來模擬真實焚風。



五、溫度測量

本實驗所使用的溫度計是採旋轉風杯式的手持風速儀，輕量化的旋轉葉片，即便是在風速很小的情況下仍可精確測量風速值，所以我們將風速儀分別放於距離熱風機 15 公分(A)、115 公分(B)215 公分(C)的溫度計放置孔上，啓動風源後對著手持風速儀的葉片吹拂，持續觀察 10 分鐘。測量結果 A 爲 1.1m/s，B 爲 0.9m/s、C 爲 0.9m/s。

六、酷熱指數

每次實驗操作時，會用空氣溫度和相對濕度來確定體感溫度的指數—即真正感受到的熱度。也就是將當天的大氣溫度也列入考量。

七、水霧噴灑

在正式噴灑前，我們先找一位計數員看著碼錶喊「3，4，噴」，或「8，9，噴」，其他拿噴霧器的同學練習按壓噴霧器口，噴灑方式以噴口對準噴灑洞斜傾向風源口噴灑，這樣水霧可阻擋熱風。



陸、實驗結果

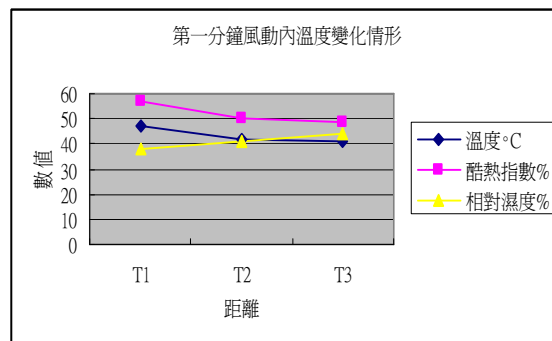
研究一：探討風洞內溫度變化

一、風洞內溫度變化情形

距離熱風機出風口 15 公分處溫度以 T1 表示；距離熱風機出風口 115 公分處溫度以 T2 表示；距離熱風機出風口 215 公分處溫度以 T3 表示。首先我們將風洞架設好，並把植物觀察孔與噴水孔封住，只留溫度計插孔，之後我們插上溫度計，啟動熱風源，開始觀察熱風在風洞內中的溫度變化情形。此項試驗的目的除了觀察溫度變化也要找出熱風能在風洞內均勻流動的時間點，以做為每次實驗開始觀測的依據。

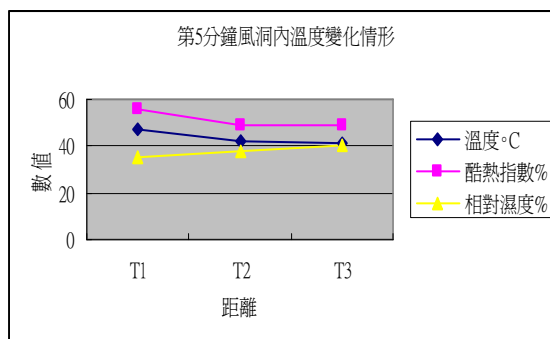
第 1 分鐘溫度紀錄

	T1	T2	T3
溫度°C	47.3	41.6	41.2
酷熱指數%	56.8	41.6	48.8
相對濕度%	38	41	44



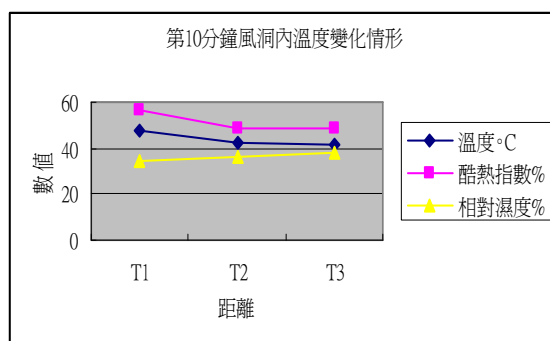
第 5 分鐘溫度紀錄

	T1	T2	T3
溫度°C	47	41.6	41
酷熱指數	55.8	48.8	48.6
相對濕度%	35	38	40



第 10 分鐘溫度紀錄

	T1	T2	T3
溫度°C	47.3	42	41.3
酷熱指數	56.3	48.7	48.5
相對濕度%	34	36	38



說明：風洞內的溫度隨時間的加長大約 10 分鐘後，溫度之間的變化也漸趨穩定，較少有變動，所以只測到 10 分鐘。因此之後的實驗都先讓熱風機運轉 10 分鐘之後，溫度穩定，再進行下一個實驗。

研究二：探討風洞內加水霧

二、風洞內加水霧後溫度變化情形

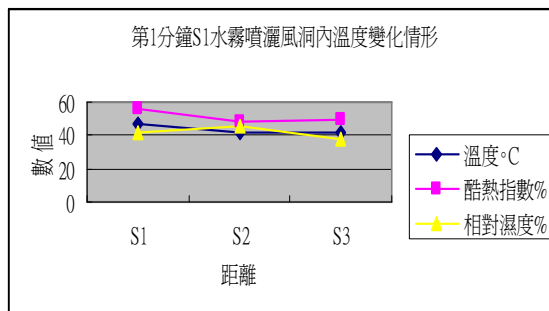
風洞架設好，把植物觀察孔封住，插上溫度計，開啓噴水孔，啓動熱風源，觀察加了水霧之後風洞內溫度變化情形。

距離熱風機出風口 15 公分處以噴霧器噴水後所測得的溫度以 S1 表示；距離熱風機出風口 115 公分處以噴霧器噴水後所測得的溫度以 S2 表示；距離熱風機出風口 215 公分處以噴霧器噴水後所測得的溫度以 S3 表示。

此實驗第一次先於 S1 進行每 5 秒水霧噴灑一次連續 5 分鐘噴灑溫度紀錄；第二次於 S1 和 S2 同時進行每 5 秒水霧噴灑一次連續 5 分鐘噴灑溫度紀錄；第三次於 S1、S2 和 S3 同時進行每 5 秒水霧噴灑一次連續 5 分鐘噴灑溫度紀錄。

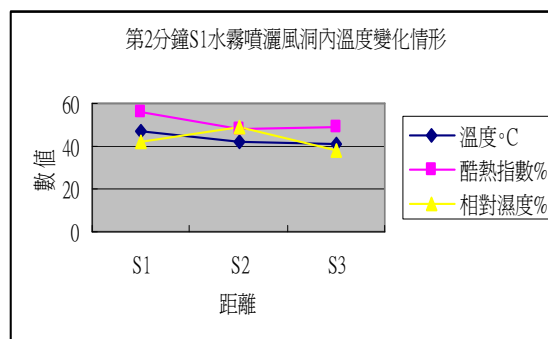
第 1 分鐘溫度紀錄 【S1 水霧噴灑】

	S1	S2	S3
溫度°C	47.5	41.6	41.3
酷熱指數 %	55.7	48.1	49
相對濕度 %	42	46	38



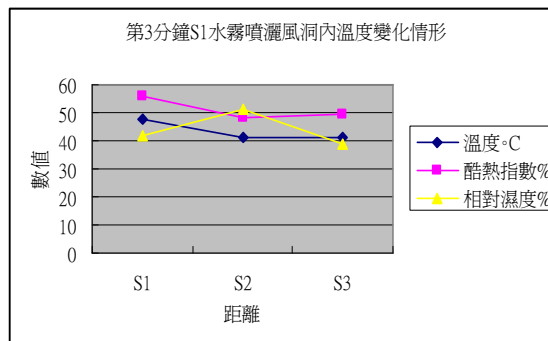
第 2 分鐘溫度紀錄 【S1 水霧噴灑】

	S1	S2	S3
溫度°C	47.5	41.6	41.4
酷熱指數 %	55.7	48.2	49.2
相對濕度 %	42	49	38



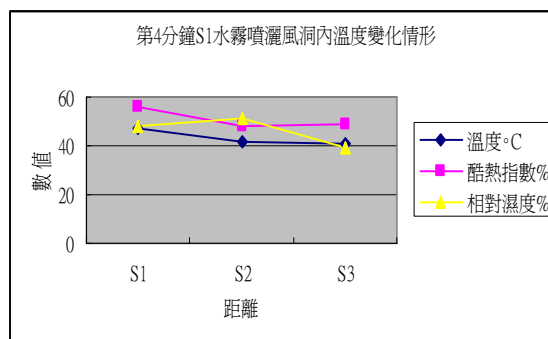
第 3 分鐘溫度紀錄 【S1 水霧噴灑】

	S1	S2	S3
溫度°C	47.3	41.3	41
酷熱指數 %	55.8	48.3	49.3
相對濕度 %	42	51	39



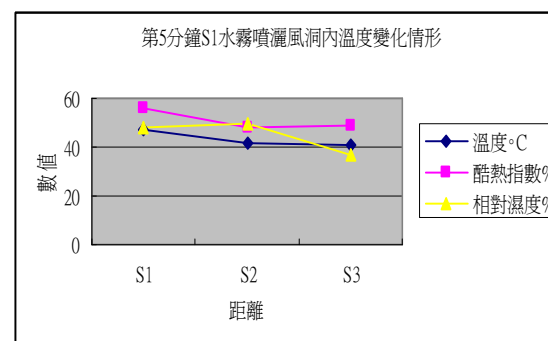
第 4 分鐘溫度紀錄 【S1 水霧噴灑】

	S1	S2	S3
溫度℃	47.5	41.2	41.2
酷熱指數%	55.7	48.1	49.2
相對濕度%	48	51	39



第 5 分鐘溫度紀錄 【S1 水霧噴灑】

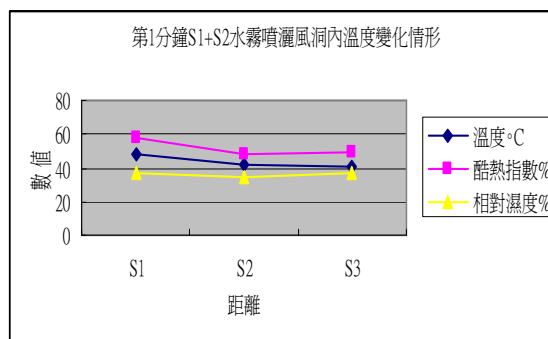
	S1	S2	S3
溫度℃	47.5	41.5	41.2
酷熱指數%	55.8	48.2	49.1
相對濕度%	48	50	37



說明：整體而言，於 S1 加水霧溫度上的變化起起伏伏，對溫度的改變沒有多大的影響。不過也發現到於 S1 灑水對於 T1 沒有直接影響；反而對於 T2 區稍稍有降溫的影響。

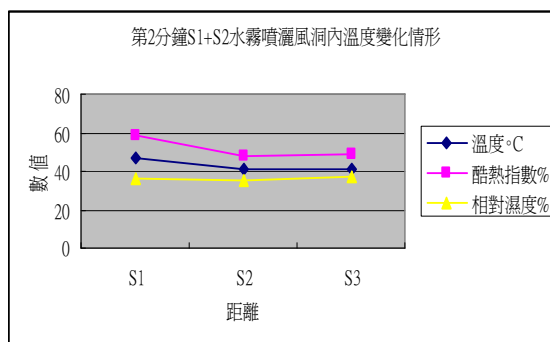
第 1 分鐘溫度紀錄 【S1+S2 水霧噴灑】

	S1	S2	S3
溫度℃	47.5	41.4	41
酷熱指數%	58.4	48.1	49
相對濕度%	37	35	37



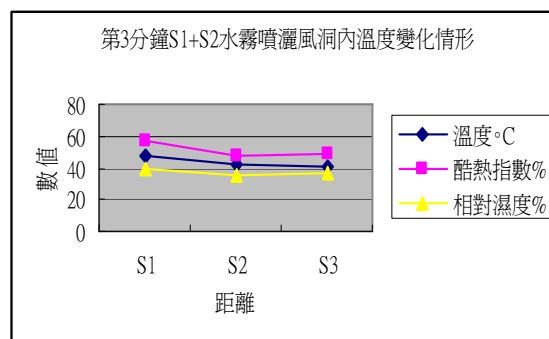
第 2 分鐘溫度紀錄 【S1+S2 水霧噴灑】

	S1	S2	S3
溫度℃	47.2	41.6	40.9
酷熱指數%	58.3	48	49.1
相對濕度%	36	35	37



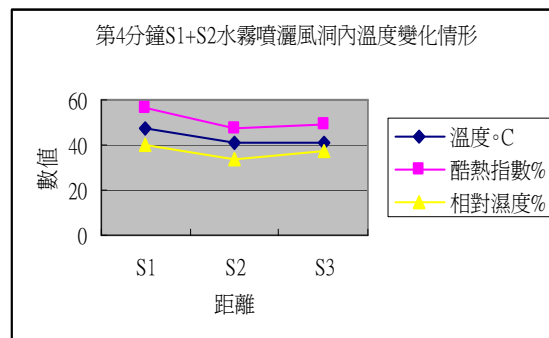
第 3 分鐘溫度紀錄 【S1+S2 水霧噴灑】

	S1	S2	S3
溫度℃	47.2	41.4	40.7
酷熱指數%	57.2	47.9	49
相對濕度%	39	35	37



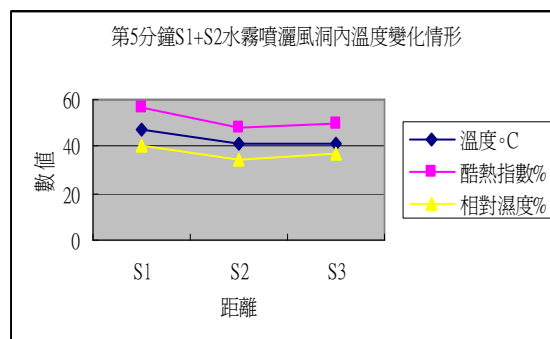
第 4 分鐘溫度紀錄 【S1+S2 水霧噴灑】

	S1	S2	S3
溫度℃	47.3	41.3	40.6
酷熱指數%	56.5	47.4	49
相對濕度%	40	34	37



第 5 分鐘溫度紀錄 【S1+S2 水霧噴灑】

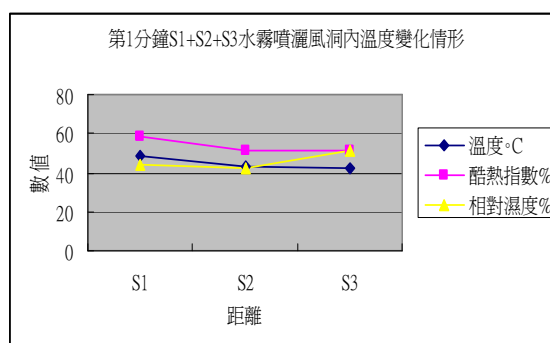
	S1	S2	S3
溫度℃	47.1	41.3	40.6
酷熱指數%	56.6	47.4	49
相對濕度%	40	34	37



說明：S1 和 S2 同時灑水對 T1、T2 的溫度有些許降溫(約 0.1 度)的效果，但整體降幅並不大。也發現到對於 T3 也有些許的降溫效果。

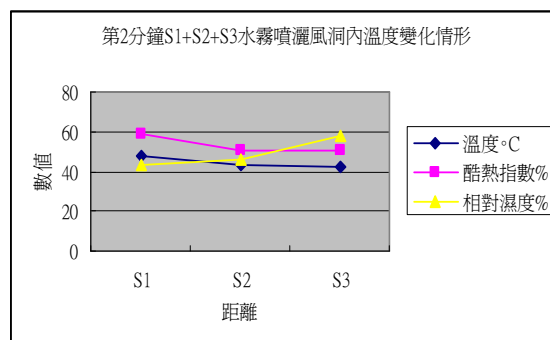
第 1 分鐘溫度紀錄 【S1+S2+S3 水霧噴灑】

	S1	S2	S3
溫度℃	48.1	42.8	42.1
酷熱指數%	58.6	51.1	50.9
相對濕度%	44	42	51



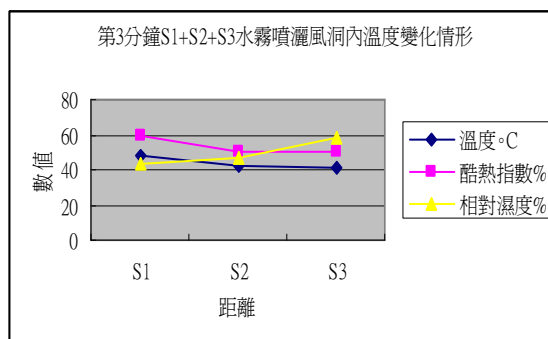
第 2 分鐘溫度紀錄 【S1+S2+S3 水霧噴灑】

	S1	S2	S3
溫度℃	48.1	42.8	41.9
酷熱指數%	58.8	50.8	50.8
相對濕度%	43	46	58



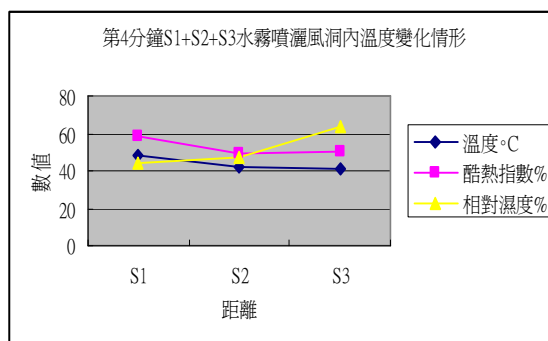
第 3 分鐘溫度紀錄 【S1+S2+S3 水霧噴灑】

	S1	S2	S3
溫度℃	48.1	42.7	41.5
酷熱指數%	58.9	50.9	50.8
相對濕度%	44	47	58



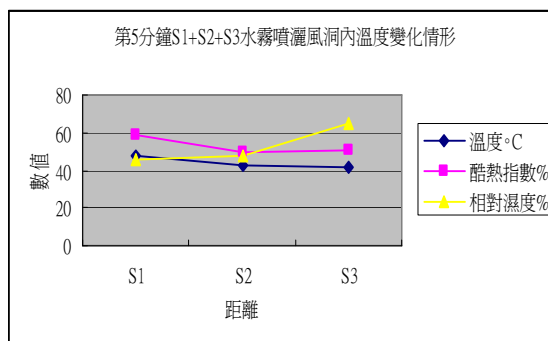
第 4 分鐘溫度紀錄 【S1+S2+S3 水霧噴灑】

	S1	S2	S3
溫度℃	47.9	42.5	41.3
酷熱指數%	58.9	51	50.9
相對濕度%	44	47	64



第 5 分鐘溫度紀錄 【S1+S2+S3 水霧噴灑】

	S1	S2	S3
溫度℃	47.8	42.4	40.1
酷熱指數%	58.8	52	50.2
相對濕度%	46	48	65



說明：S1、S2、S3 同時灑水後，有就明顯的降溫效果，可降低約 2℃ 左右的溫度、並能提升相對溼度 14%。同時灑水時對 T1、T2 區雖有降溫，但 T3 區影響最大，降溫及相對溼度明顯增加。

研究三：植物放入風洞內的影響

三、風洞內放入植物後重量改變之情形

本項實驗我們選了三種植物作為實驗的對象：

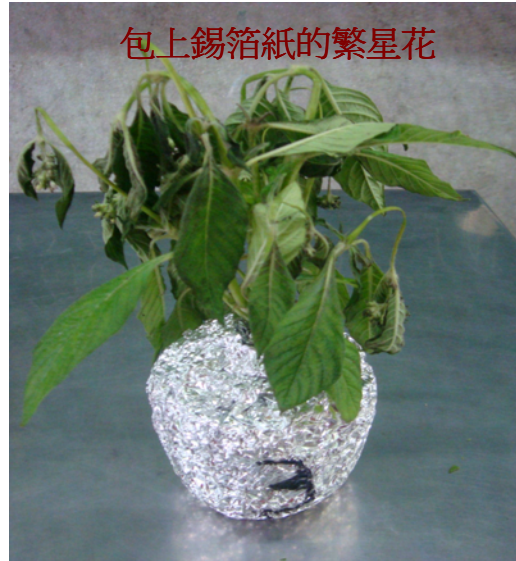
第一種方式用草本植物合果芋，我們將葉片裁剪成 5x5 公分的大小，並將莖部裁減成適當長度，放入裝有水的玻璃瓶內，瓶口以保鮮膜包覆，放入風洞內的合果芋植栽總重為 35g 以 W0 代替。距離熱風機出風口 15 公分處放置植栽所測得的重量以 W1 表示；距離熱風機出風口 115 公分處放置植栽所測得的重量以 W2 表示；距離熱風機出風口 215 公分處放置植栽所測得的重量以 W3 表示。



第二種我們以銅錢草為實驗材料，並以厚紙板等距離裁切 30 個圓洞，將包覆溼棉花球的銅錢草放入玻璃瓶中，再將 6 個玻璃瓶塞入圓洞內的固定位置，如下圖。放入風洞內的植栽試管總重為以 W0 代替。距離熱風機出風口 15 公分處放置植栽試管所測得的重量以 W1 表示；距離熱風機出風口 115 公分處放置植栽所測得的重量以 W2 表示；距離熱風機出風口 215 公分處放置植栽所測得的重量以 W3 表示。



第三種我們用**整株**由園藝店購得的**繁星花**，脫去原有的塑膠軟盆，改用錫箔紙包覆植物的根部，放入風洞之前先測總重以 W_0 代替。距離熱風機出風口 15 公分處放置整株繁星花所測得的重量以 W_1 表示；距離熱風機出風口 115 公分處放置整株繁星花測得的重量以 W_2 表示；距離熱風機出風口 215 公分處放置整株繁星花測得的重量以 W_3 表示。

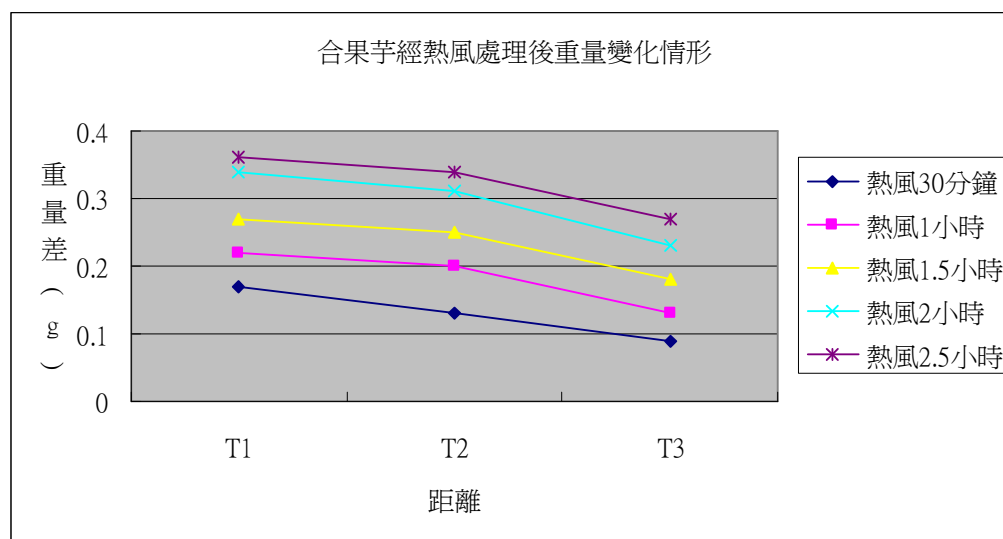


我們使用這三种植物方式來觀察植物受熱風吹拂後，重量前後改變的情形，以及加上水霧噴灑後重量改變的情況；因為第一种植物合果芋植栽總重均為 35g，所以重量差（重量前後改變的情形）直接以重量的變化來表示，而第二、三种植物之銅錢草及繁星花因為植栽總重均不相同，所以重量差（重量前後改變的情形）改採重量變化的百分比來表示。

第一種--合果芋經熱風處理後重量變化情形

植栽試管總重 W0(g)	35.00	35.00	35.00
試驗時間—重量(g)	W1	W2	W3
熱風 30 分鐘	34.83	34.87	34.91
熱風 1 小時	34.78	34.80	34.87
熱風 1.5 小時	34.73	34.75	34.82
熱風 2 小時	34.66	34.69	34.77
熱風 2.5 小時	34.64	34.66	34.73

試驗時間—重量差(g)	W1-W0	W2-W0	W3-W0
熱風 30 分鐘	0.17	0.13	0.09
熱風 1 小時	0.22	0.20	0.13
熱風 1.5 小時	0.27	0.25	0.18
熱風 2 小時	0.34	0.31	0.23
熱風 2.5 小時	0.36	0.34	0.27

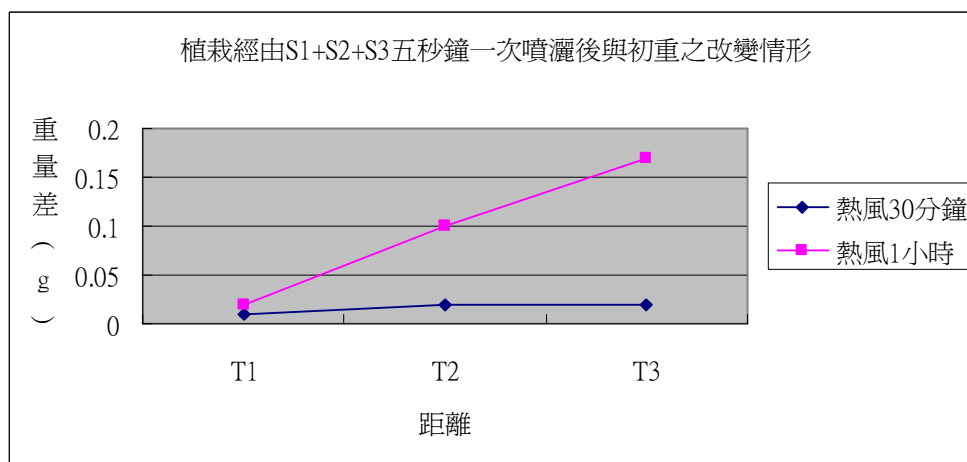


說明：合果芋放入風洞內指定的位置，開啓熱源，觀察時間一到拿出來測重量。經過五個時間點測重後發現，相同時間，距離熱源越遠，重量減少越少；熱風吹拂越久，重量減少越多。合果芋葉面經過兩個半鐘頭已變得捲曲、摸起來有點硬硬不柔軟，尤其是葉緣部位，會有些快焦掉的情形。

第一種--合果芋放入風洞內每 5 秒中以水霧(S1+S2+S3)噴灑重量變化情形

植栽試管總重 W0(g)	35.00	35.00	35.00
試驗時間—重量(g)	W1	W2	W3
熱風 30 分鐘	34.99	34.98	34.98
熱風 1 小時	34.98	34.90	34.83

試驗時間—重量差(g)	W1-W0	W2-W0	W3-W0
熱風 30 分鐘	0.01	0.02	0.02
熱風 1 小時	0.02	0.10	0.17

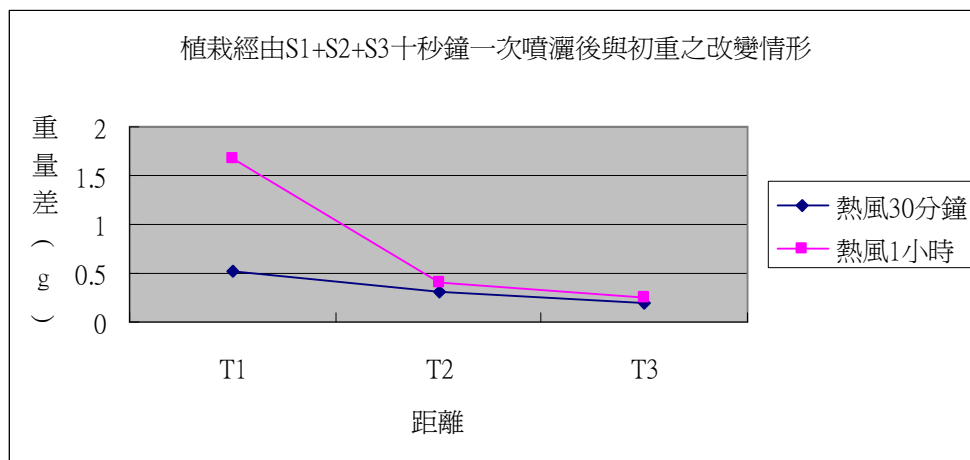


說明：合果芋放入風洞內指定的位置，開啓熱源，每五秒鐘三個孔同時噴水一次，我們發現和沒有噴灑水霧的相比，五秒鐘噴一次水霧重量幾乎沒改變，幾乎和原本重量相差無幾，最小變化可到 0.01 克，也就是能減緩蒸散的作用保持原本的重量。雖然從紅色線看出，熱風吹拂越久重量變化更大，但他的重量最大變化(0.01~0.17g)比沒加水霧的重量變化(0.09~0.22g)來的緩和。

第一種--合果芋放入風洞內每 10 秒中以水霧噴灑(S1+S2+S3)重量變化情形

植栽試管總重 W0(g)	35.00	35.00	35.00
試驗時間—重量(g)	W1	W2	W3
熱風 30 分鐘	34.49	34.70	34.80
熱風 1 小時	33.33	34.59	34.75

試驗時間—重量差(g)	W1-W0	W2-W0	W3-W0
熱風 30 分鐘	0.51	0.30	0.20
熱風 1 小時	1.67	0.41	0.25

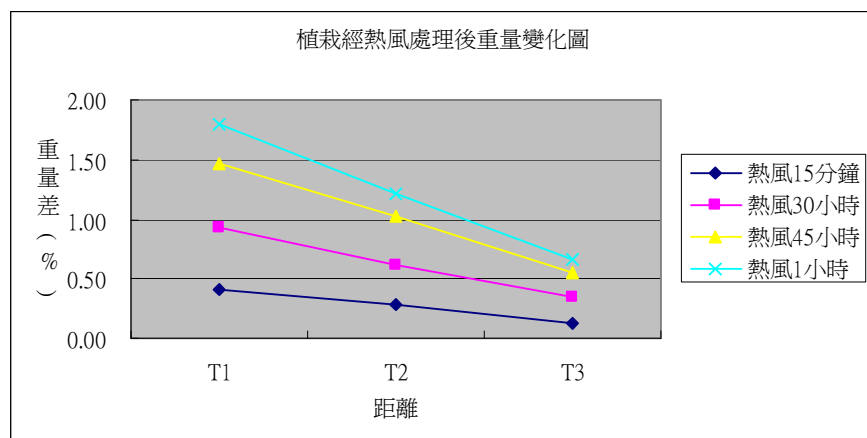


說明：合果芋放入風洞內指定的位置，開啓熱源，每十秒鐘三個孔同時噴水一次，我們發現和五秒鐘噴灑水霧的相比，10 秒噴灑一次效果沒有 5 秒鐘噴灑一次效果好，從折線圖發現線段下降，代表和初重差距越遠，也就是重量損失越多，可高達 1.67 克。

第二種--銅錢草經熱風處理後重量變化情形

植栽試管總重 W0(g)	108.32	108.71	109.15
試驗時間 \ 重量(g)	W1(g)	W2(g)	W3(g)
熱風 15 分鐘	107.87	108.41	109.01
熱風 30 分鐘	107.32	108.05	108.77
熱風 45 分鐘	106.73	107.60	108.54
熱風 1 小時	106.38	107.39	108.42

試驗時間 \ 重量差%	W1-W0%(g)	W2-W0%(g)	W3-W0%(g)
熱風 15 分鐘	0.42(0.45)	0.28(0.30)	0.13(0.14)
熱風 30 分鐘	0.92(1.00)	0.61(0.66)	0.35(0.38)
熱風 45 分鐘	1.47(1.59)	1.02(1.11)	0.56(0.61)
熱風 1 小時	1.79(1.94)	1.21(1.32)	0.67(0.73)

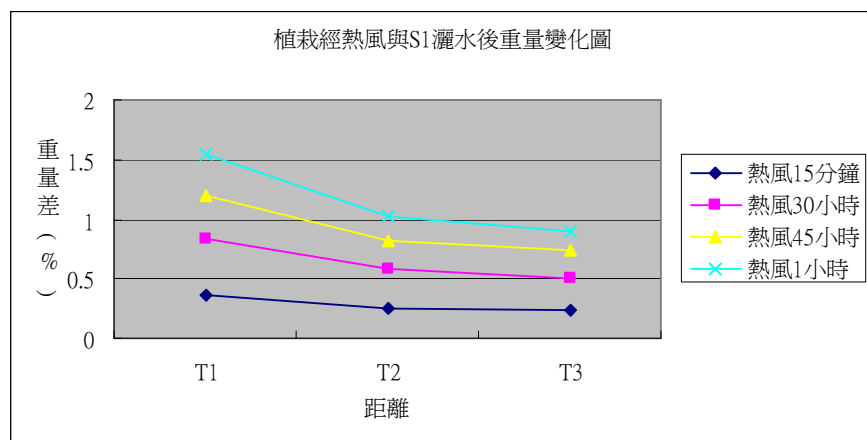


說明：將包覆濕棉花的銅錢草放入三個指定位置，開啓熱源，觀察時間一到拿出來測重量，我們發現不管植栽擺放位置在哪，熱風處理越久重量損失越多。相同時間的熱風吹襲，距離熱源越遠重量減少越少。銅錢草經過一小時熱風吹拂葉片表面仍是光滑，莖部下垂，無法直挺挺的，葉片面積會縮小一些。

第二種-銅錢草經熱風與 S1 灑水於後重量變化情形

植栽試管總重 W0(g)	107.23	108.09	108.27
試驗時間 重量(g)	W1(g)	W2(g)	W3(g)
熱風 15 分鐘	106.84	107.82	108.01
熱風 30 分鐘	106.33	107.46	107.73
熱風 45 分鐘	105.94	107.20	107.47
熱風 1 小時	105.57	106.99	107.30

試驗時間 重量差%	W1-W0%(g)	W2-W0%(g)	W3-W0%(g)
熱風 15 分鐘	0.36(0.39)	0.25(0.27)	0.24(0.26)
熱風 30 分鐘	0.84(0.90)	0.58(0.63)	0.50(0.54)
熱風 45 分鐘	1.20(1.29)	0.82(0.89)	0.74(0.80)
熱風 1 小時	1.55(1.66)	1.02(1.10)	0.90(0.97)

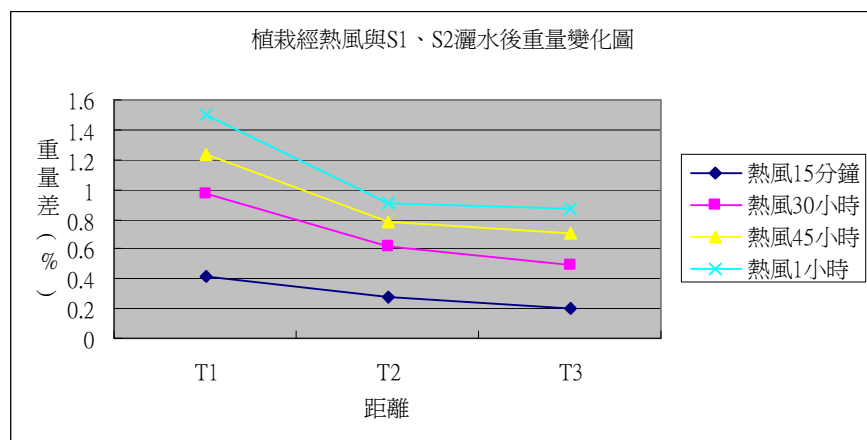


說明：將包覆濕棉花的銅錢草放入指定位置，只於 S1 孔每五秒鐘噴灑水霧，就 S1 灑水霧觀察 W1 重量變化可發現經熱風處理 1 小時後的重量變化(0.37g)與熱風處理 15 分鐘(0.39g)時的差距並不大，尚無法有效減緩蒸散作用。

第二種-銅錢草經熱風與 S1、S2 灑水於後重量變化情形

植栽試管總重 W0(g)	110.09	106.50	108.48
試驗時間 重量(g)	W1(g)	W2(g)	W3(g)
熱風 15 分鐘	109.63	106.21	108.26
熱風 30 分鐘	109.02	105.84	107.95
熱風 45 分鐘	108.73	105.67	107.71
熱風 1 小時	108.44	105.54	107.54

試驗時間 重量差%	W1-W0%(g)	W2-W0%(g)	W3-W0%(g)
熱風 15 分鐘	0.42(0.46)	0.27(0.29)	0.20(0.22)
熱風 30 分鐘	0.97(1.07)	0.62(0.66)	0.49(0.53)
熱風 45 分鐘	1.24(1.36)	0.78(0.83)	0.71(0.77)
熱風 1 小時	1.50(1.65)	0.90(0.96)	0.87(0.94)

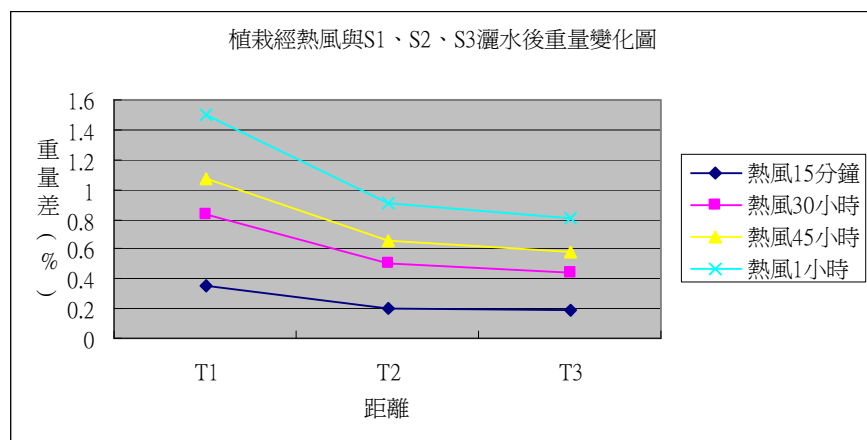


說明：將包覆濕棉花的銅錢草放入指定位置，只於 S1、S2 孔每五秒鐘噴灑水霧，經 S1、S2 灑水後觀察 W1、W2 與初重重量改變情形，發現時間越久，重量損失相對減少，即能有效減緩蒸散作用，而 W3 未灑水因此時間一久，重量損失較多。

第二種-銅錢草經熱風與 S1、S2、S3 灑水於後重量變化情形

植栽試管總重 W0(g)	108.96	106.03	106.06
試驗時間 \ 重量(g)	W1(g)	W2(g)	W3(g)
熱風 15 分鐘	108.57	105.82	105.86
熱風 30 分鐘	108.06	105.49	105.59
熱風 45 分鐘	107.80	105.33	105.45
熱風 1 小時	107.32	105.07	105.20

試驗時間 \ 重量差%	W1-W0%(g)	W2-W0%(g)	W3-W0%(g)
熱風 15 分鐘	0.36(0.39)	0.20(0.21)	0.19(0.20)
熱風 30 分鐘	0.83(0.90)	0.51(0.54)	0.44(0.47)
熱風 45 分鐘	1.06(1.16)	0.66(0.70)	0.58(0.61)
熱風 1 小時	1.51(1.64)	0.91(0.96)	0.81(0.86)

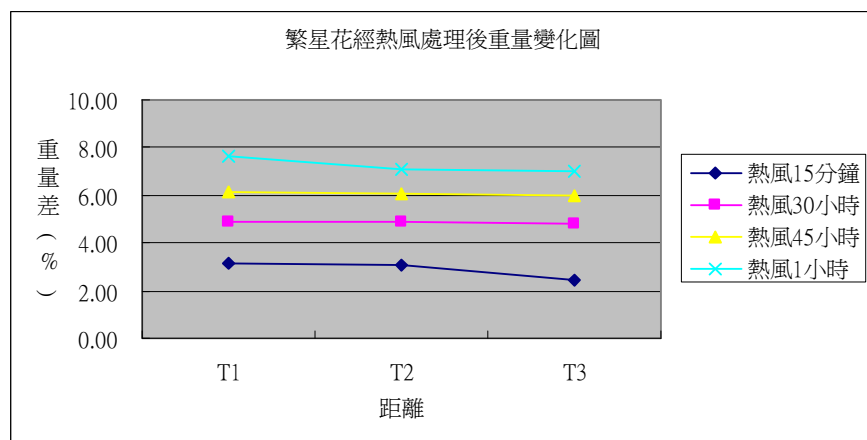


說明：將包覆濕棉花的銅錢草放入指定位置，於 S1、S2、S3 孔每五秒鐘噴灑水霧，經過三孔全面噴灑之後，不管在何種位置，時間越久重量損失也較不明顯，與初重差距甚小。整體重量變化比沒灑水霧或僅於 S1、S2 灑水霧的變化量來的趨緩，即有效減緩蒸散作用的發生。

第三種--繁星花經熱風處理後重量變化情形

繁星花總重 W0(g)	221.45	246.14	237.93
試驗時間-重量(g)	W1(g)	W2(g)	W3(g)
熱風 15 分鐘	214.48	238.63	232.12
熱風 30 分鐘	210.56	234.14	226.58
熱風 45 分鐘	207.8	231.13	223.61
熱風 1 小時	204.51	228.70	221.32

試驗時間-重量差%	W1-W0%(g)	W2-W0%(g)	W3-W0%(g)
熱風 15 分鐘	3.15(6.97)	3.05(7.51)	2.44(5.81)
熱風 30 分鐘	4.92(10.89)	4.88(12.00)	4.77(11.35)
熱風 45 分鐘	6.16(13.65)	6.10(15.01)	6.02(14.32)
熱風 1 小時	7.65(16.94)	7.09(17.44)	6.98(16.61)

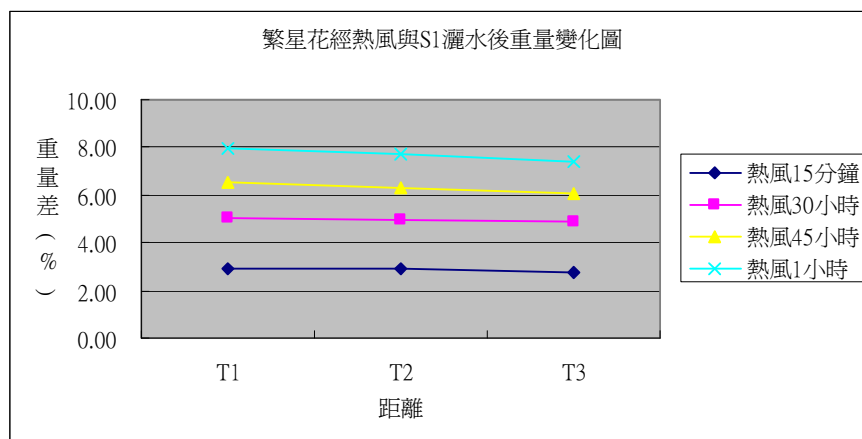


說明：將包覆錫箔紙的繁星花放入三個指定位置，開啓熱源，觀察時間一到拿出來測重量，我們得到的結果與銅錢草相同，即不管植栽擺放位置在哪，熱風機吹拂越久重量減少越多。

第三種--繁星花經熱風與 S1 灑水於後重量變化情形

繁星花總重 W0(g)	252.64	272.37	258.36
試驗時間 重量(g)	W1(g)	W2(g)	W3(g)
熱風 15 分鐘	245.19	264.46	251.15
熱風 30 分鐘	239.92	258.82	245.72
熱風 45 分鐘	236.09	255.29	242.6
熱風 1 小時	232.50	251.26	239.24

試驗時間 重量差%	W1-W0%(g)	W2-W0%(g)	W3-W0%(g)
熱風 15 分鐘	2.95(7.45)	2.90(7.91)	2.79(7.21)
熱風 30 分鐘	5.03(12.72)	4.97(13.55)	4.89(12.64)
熱風 45 分鐘	6.55(16.55)	6.27(17.08)	6.10(15.76)
熱風 1 小時	7.97(20.14)	7.75(21.11)	7.40(19.12)

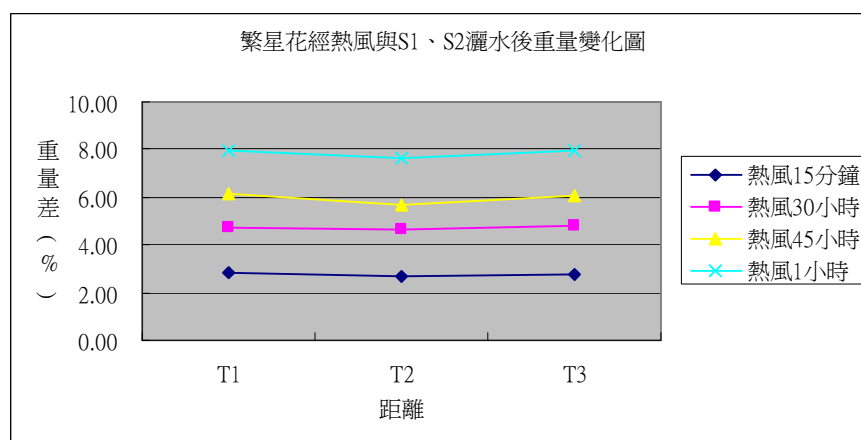


說明：本實驗只於 S1 孔每五秒鐘噴灑水霧，經 S1 灑水後觀察 W1、W2、W3 與初重重量改變情形，由實驗中發現，僅於 S1 噴灑水霧尚無法有效減緩蒸散作用，且距離熱風機越近，重量相對減少較多。

第三種--繁星花經熱風與 S1+S2 灑水於後重量變化情形

繁星花總重 W0(g)	294.65	243.9	247.22
試驗時間 重量(g)	W1(g)	W2(g)	W3(g)
熱風 15 分鐘	286.31	237.37	240.37
熱風 30 分鐘	280.75	232.65	235.27
熱風 45 分鐘	276.46	230.14	232.2
熱風 1 小時	271.22	225.18	227.65

試驗時間 重量差%	W1-W0%(g)	W2-W0%(g)	W3-W0%(g)
熱風 15 分鐘	2.83(8.34)	2.68(6.53)	2.77(6.85)
熱風 30 分鐘	4.72(13.9)	4.61(11.25)	4.83(11.95)
熱風 45 分鐘	6.17(18.19)	5.64(13.76)	6.08(15.02)
熱風 1 小時	7.95(23.43)	7.68(18.72)	7.92(19.57)

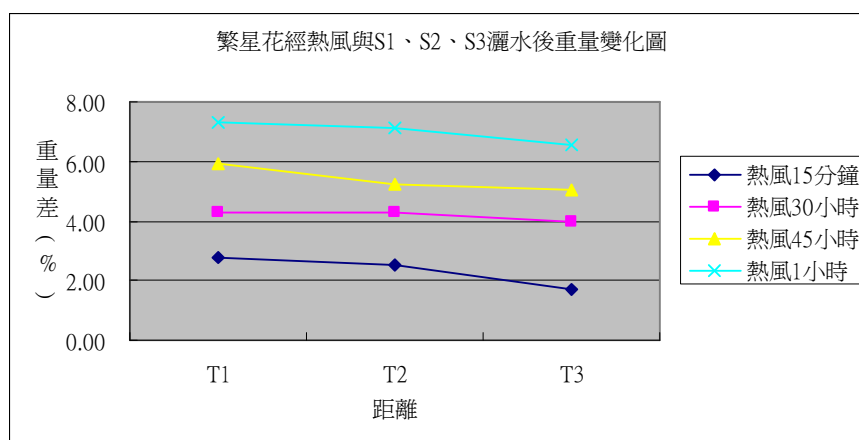


說明：本實驗針對 S1、S2 孔每五秒鐘噴灑水霧，由實驗中發現，於 T1、T2 區間之繁星花已明顯有效減緩蒸散作用的發生，但是於 T3 區間之繁星花蒸散作用持續進行，無明顯減緩。

第三種--繁星花經熱風與 S1+S2+S3 灑水於後重量變化情形

繁星花總重 W0	264.78	261.89	235.37
試驗時間 重量(g)	W1(g)	W2(g)	W3(g)
熱風 15 分鐘	257.46	255.22	231.3
熱風 30 分鐘	253.43	250.64	226.03
熱風 45 分鐘	249.17	248.13	223.48
熱風 1 小時	245.35	243.17	220.00

試驗時間 重量差%	W1-W0%(g)	W2-W0%(g)	W3-W0%(g)
熱風 15 分鐘	2.76(7.32)	2.55(6.67)	1.73(4.07)
熱風 30 分鐘	4.29(11.35)	4.30(11.25)	3.97(9.34)
熱風 45 分鐘	5.90(15.61)	5.25(13.76)	5.05(11.89)
熱風 1 小時	7.34(19.43)	7.15(18.72)	6.53(15.37)



說明：於 S1、S2、S3 孔每五秒鐘噴灑水霧，經過三孔全面噴灑之後，T1、T2、T3 區間之繁星花蒸散作用均有明顯減緩，而且時間越久重量減少也相對變少，顯示經過三道水霧噴灑後確實能有效減少植物葉面的蒸散作用。

柒、討論

- 一、在模擬焚風路徑裝置方面，當初在設計風洞長度時，以現有可取得的圓筒約 200 公分左右，實驗不斷重複，發現三個放植栽位置的溫度彼此之間好像不能呈現距離風口越遠溫度較低的情況，我們也發現風洞末端有熱空氣聚集的現象，溫度反而比前面來的高，探究原因是因為熱空氣無法均勻流出，我們也用紙板均勻挖出幾個洞，將他擺在末端出口(附圖一)，果然能改善此一現象，這是我們在實驗中的意外發現。另外我們也從地圖中量測到南大武山至大武距離約 30 公里，所以我們以縮小比例 1/10,000 並改良原有的圓筒設計(附圖二)改變成□形裝置並將長度拉長至 300 公分。
- 二、植栽的選擇及植栽的影響，爲了了解植物受熱風吹拂之後的變化，我們原本是將植物葉片剪成相同大小，放入裝有水並以保鮮膜蓋住瓶口的玻璃瓶內，後來詢問老師，才知道葉片被裁剪過葉脈(傳輸水分)受損，無法真正測得蒸散的情形。因此我們又以活體植物銅錢草、整株繁星花再次應證，兩者之間可以相輔相成。植栽經過熱風吹拂之後會變得乾枯，如附圖三、附圖四所呈現，爲了讓植栽所受熱風吹拂過的影響量化，我們以植物重量前後變化來觀察。
- 三、本試驗爲求以活株之植物體來代表農作物受影響情形，特別再以繁星花來模擬農作物實際情形，經實驗後發現，繁星花之實驗結果大致與銅錢草之實驗結果相符。
- 四、水霧噴灑降溫及提升溼度的效果，從實驗數據可明顯看出，只要有水霧噴灑的區塊就能對環境有降溫的效果，而且前面區域噴灑水霧對後面區域即使沒有水霧噴灑也有降溫效果；從研究發現越密集噴灑水分效果更佳，尤其當三個孔同時噴灑的成效最好；在相對濕度方面，有噴灑水分的區域也能提升相對溼度。
- 五、本研究期間適逢 101 年 4 月 13 日台東地區吹起焚風，經由氣象局提供當日氣象資料顯示(如下表、圖)，當日上午 9 時大武地區即開始吹起焚風(中午 13 時 10 分達最高溫度 36.6℃、相對溼度爲 35%)，台東地區於下午 14 時亦吹起焚風(下午 14 時 40 分達最高溫度 36.4℃、相對溼度爲 34%)；如假設採用本區性焚風防制系統，依本實驗之研究按比例推算應可降低溫度 2℃，相對溼度可提升 14%，應能有效減低焚風對農作物所造成的災害(如下附圖五、六)。

101 年 4 月 13 日台東測站溫度及相對溼度資料表

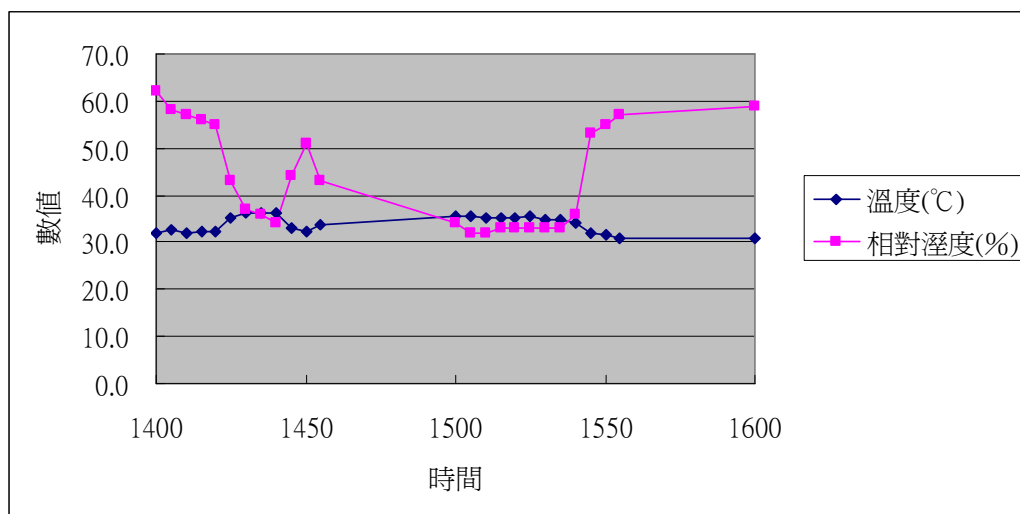
時間	溫度(℃)	相對溼度(%)	時間	溫度(℃)	相對溼度(%)
1400	31.8	62	1505	35.4	32
1405	32.6	58	1510	35.2	32
1410	32.0	57	1515	35.3	33
1415	32.4	56	1520	35.2	33

1420	32.3	55	1525	35.4	33
1425	35.1	43	1530	35.0	33
1430	36.3	37	1535	35.0	33
1435	36.4	36	1540	34.2	36
1440	36.4	34	1545	31.8	53
1445	32.9	44	1550	31.6	55
1450	32.2	51	1555	31.0	57
1455	33.7	43	1600	30.7	59
1500	35.4	34	1605	30.5	60

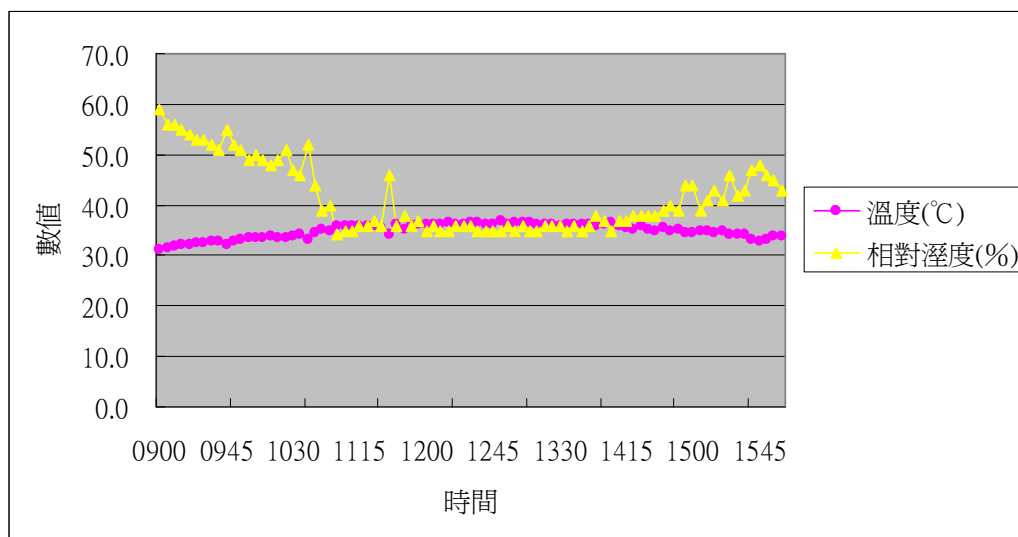
101 年 4 月 13 日 太武 測站溫度及相對溼度資料表

時間	溫度(℃)	相對溼度(%)	時間	溫度(℃)	相對溼度(%)
0900	31.1	59	1005	33.4	50
0905	31.6	56	1010	33.5	49
0910	31.9	56	1015	33.8	48
0915	32.1	55	1020	33.6	49
0920	32.1	54	1025	33.4	51
0925	32.4	53	1030	33.7	47
0930	32.4	53	1035	34.1	46
0935	32.7	52	1040	33.3	52
0940	32.8	51	1045	34.5	44
0945	32.3	55	1050	35.1	39
0950	32.7	52	1055	34.9	40
0955	33.1	51	1100	35.8	34
1000	33.5	49	1105	35.8	35
時間	溫度(℃)	相對溼度(%)	時間	溫度(℃)	相對溼度(%)
1110	35.9	35	1215	36.4	35
1115	35.7	36	1220	36.1	36
1120	35.7	36	1225	36.3	36
1125	35.7	37	1230	36.5	36
1130	35.5	36	1235	36.4	35
1135	34.1	46	1240	36.1	35
1140	36.1	36	1245	36.1	35
1145	35.2	38	1250	36.7	35
1150	35.9	36	1255	36.3	36
1155	36.1	37	1300	36.5	35
1200	36.1	35	1305	36.6	36
1205	36.2	36	1310	36.6	35

1210	36.2	35	1315	36.3	35
時間	溫度(°C)	相對溼度(%)	時間	溫度(°C)	相對溼度(%)
1320	36.2	36	1425	35.8	38
1325	36.1	36	1430	35.1	38
1330	35.8	36	1435	35	38
1335	36.3	35	1440	35.6	39
1340	36.2	36	1445	34.9	40
1345	36.2	35	1450	35.3	39
1350	36.1	36	1455	34.4	44
1355	35.9	38	1500	34.5	44
1400	36.3	37	1505	34.9	39
1405	36.6	35	1510	35	41
1410	35.8	37	1515	34.5	43
1415	35.6	37	1520	34.9	41
1420	35.1	38	1525	34.1	46



101 年 4 月 13 日台東測站溫度及相對溼度關係圖



101 年 4 月 13 日大武測站溫度及相對溼度關係圖

捌、結論

- 一、由本實驗結果得知，只要利用簡單的水霧，主動偵測環境溫度的變化，進而能由遠端自動控制適時精準灌溉，達到減少農作物損失並節省水資源的目的。讓焚風未接觸到果樹之前就達到讓熱空氣降溫與增加溼度的效果；坊間也有店家在使用水霧來消暑，這樣的設施可以架設在果園的前端，也就是設置在未到達果園之前的位置，另外隨著微機電、積體電路、軟體技術的進步及網路頻寬的開放，未來亦能透過無線感測網路(Wireless Sensor Network, WSN) 或 WLAN (Wi-Fi) 等溫度感測系統來防治。
- 二、依據實驗結果，灑水系統確實能有效提高空氣中的相對溼度並降低溫度，惟灑水系統非針對個人小面積單獨建置，應採全面性的建立一條聯合防線，並建議由公務部門輔導協助建置，方能有效減少農民的損失，因為氣流翻過大武山會有下沉增溫的情形，因此建議政府可於大武山區先行設置水霧噴灑系統，持續且密集噴灑一段時間作為第一道防線，讓到台東市區的氣流溫度可稍稍降溫，加上果農自家設置的水霧系統，層層的降溫設施應可以減低焚風對果樹所造成的災害(如下附圖五、六焚風模擬示意圖)。
- 三、由本實驗結果得知，當溫度到達 30°C 以上、相對濕度低於 40% 時，即會對農作物產生不良影響，如能即時利用溫、濕度感測元件自動感應，啟動果園撒水灌溉設施來降低果園溫度及提升相對濕度，而且水源不充足地區，也可視焚風吹襲狀況，採受風面撒水灌溉，或間歇性撒水灌溉來降低焚風損害。
- 四、農改場為果農所設置的無線焚風感測灌溉系統，雖能幫果樹降溫減少農損，但是這樣的一套設備，花費動輒數十萬元，並非一般農民可以負擔，未來如由公務部分協助建立，並朝減省水資源及減少果農經濟上的負擔，是未來研究的重點。

玖、參考書目

- 一、中華民國第四十六屆中小學科學展覽 翻落山頭的火燒風—台東焚風探究。
- 二、中華民國第四十六屆中小學科學展覽 看林葉繽紛-探索草本、木本植物氣孔與蒸散作用之研究。
- 三、臺東地區枇杷栽培管理技術技術專刊第 14 集 台東地區改良場。
- 四、感謝台東氣象局提供 100 年 4 月 13 日氣溫資料。

拾、附圖

附圖一



附圖三



附圖二



附圖四



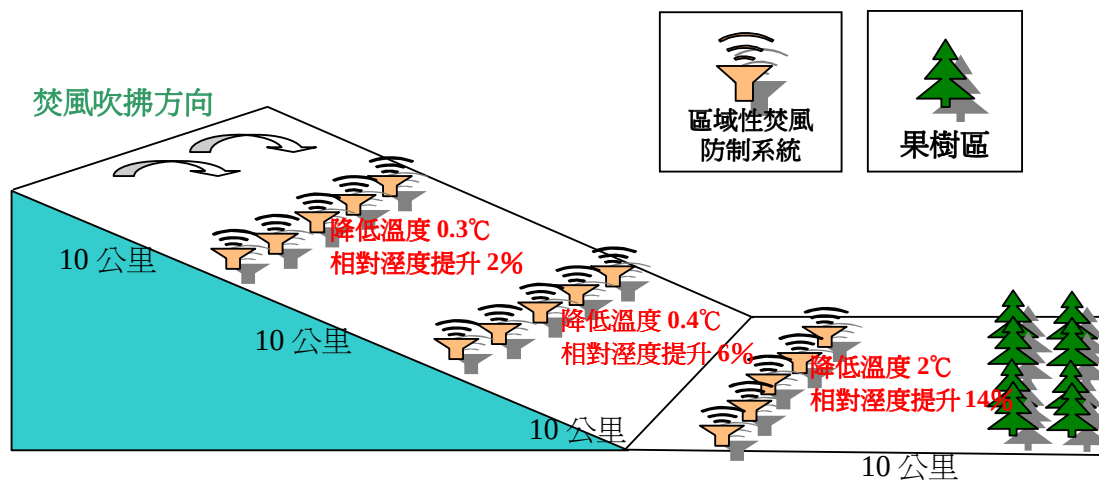
附圖五、101 年 4 月 13 日台東地區焚風模擬示意圖



註：1.南大武山至大武鄉距離約 30 公里，如設置區域性焚風防制系統，依比例推算應可降低溫度 2°C，相對溼度可提升 14%。

2.北大武山至台東市距離約 40 公里，如設置區域性焚風防制系統，依比例推算應可降低溫度 2.66°C，相對溼度可提升 18.62%。

附圖六、模擬區域性焚風防制系統的圖示



【評語】 080803

本作品針對台東地區的焚風所造成之果樹表皮焦黑及無法成熟問題進行研究，經風洞試驗探討以噴霧方式降溫之效果，構思具解決當地環境問題之善意。