
樹冷卻系統效能之研究

李義評^{1*} 吳英正²

¹ 國立雲林科技大學 產業精密機械研究所

² 國立雲林科技大學 機械工程系

壹、前言

「一棵大樹的濃蔭等於 40 噸冷氣的威力」這論點已常在報章雜誌文章中常被廣泛引用。但依據何種物理特性去推得一棵大樹等於 40 噸冷氣的威力，卻無法得知。本研究由熱力學原理出發，分別從溫度（空氣）及水汽化的物理特性去計算出一棵大樹可轉換幾噸冷氣效果，以確認上述論點之可信度。

貳、研究動機

在「行政院農業委員會」網站中的文章提到「一棵大樹的濃蔭等於 40 噸冷氣的威力」，有說明因為樹木在遮陽的同時，也因光合作用、呼吸作用、蒸散作用而消耗熱能，所以樹下會覺得比較涼快。針對「大樹的濃蔭等於 40 噸冷氣的威力」的論述去查詢資料，雖然在很多文章中都有提到此一論述，但都沒有詳細說明此論述從何得到的。

參、研究目的

一、以溫度（空氣）論點，計算一棵榕樹可轉換幾噸冷氣效果。

二、以水汽化論點，計算一棵榕樹可轉換幾噸冷氣效果。

肆、研究設備及器材

熱電偶感溫線、電腦、榕樹、水、磅秤

伍、研究過程與方法

研究架構如圖一所示。

一、研究一：溫度（空氣）論點

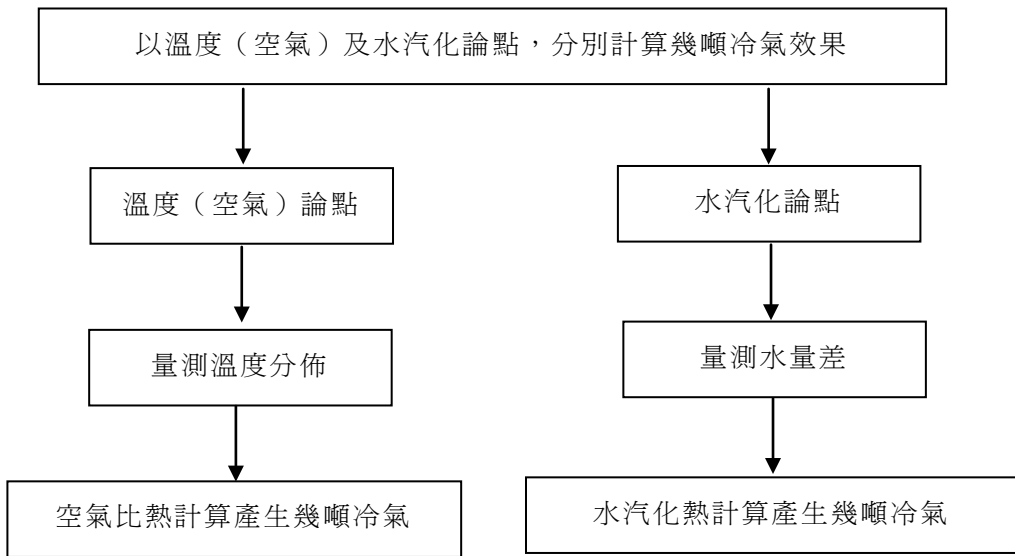
（一）研究方法：

1. 利用一根竹竿，在距離地面 50cm、100cm、150cm 處分別放置一支溫度計。（如圖二）
2. 按照「田」字形移動溫度計（如圖三），「田」字形兩點之間的距離為 100cm，量測範圍為 200cm×200cm，共九個位置。
3. 榕樹下測量範圍為一長方體，量測位置共 27 點，量測時間間隔為一分鐘，在每一位置各量測一小時。
4. 在日照處，距離地面 50cm 處放置一支溫度計做為實驗溫度的基準。
5. 量測時間以中午十二點為起始點。

（二）研究結果與發現：

1. 將每一位置各量測一小時，將讀取數值平均後，可以得到表一。

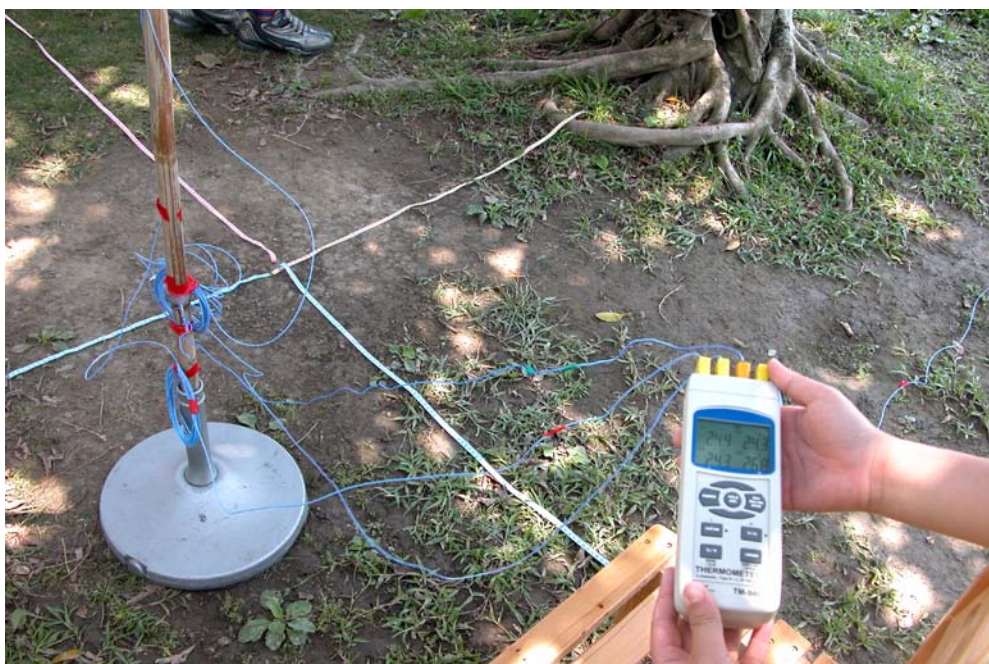
*為本文通訊作者



圖一：樹冷卻系統效能之研究架構



圖二：溫度計放置圖

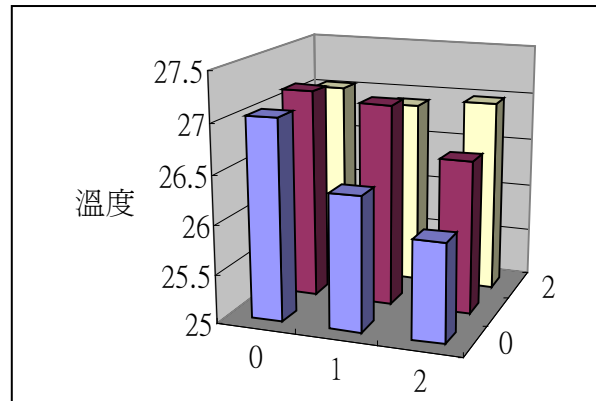


圖三：「田」字形位置配置圖

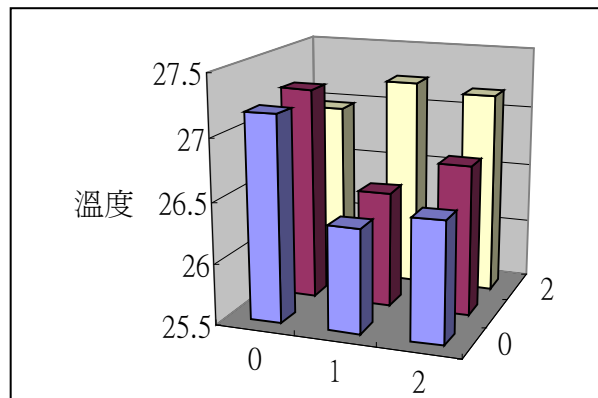
表一：溫度量測數值表

位置	150cm	100cm	50cm	外 50 cm
1	26.6	26.5	27.1	29.0
2	26.2	26.4	26.4	28.1
3	26.0	26.5	26.0	28.6
4	26.8	26.7	26.6	28.3
5	27.1	27.2	27.0	28.8
6	27.2	27.2	26.9	28.1
7	26.7	27.0	27.0	28.7
8	26.6	27.3	27.2	29.4
9	27.0	27.2	27.1	28.5
平均溫度(°C)	26.8			28.6

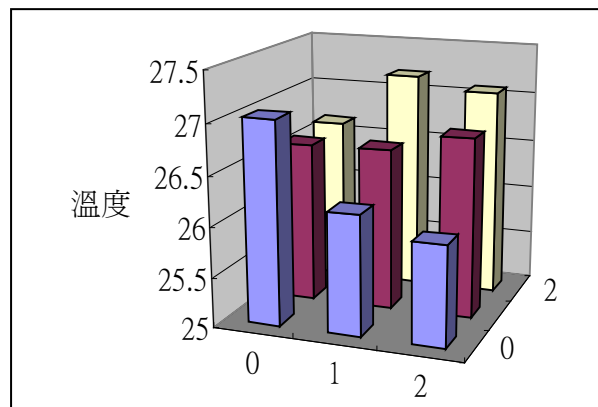
2. 分別取 50cm、100cm 及 150cm 溫度場分佈（如圖四、五、六），由溫度場分佈可知，溫度會因測量位置不同而有差異。



圖四：50cm 溫度場分布



圖五：100cm 溫度場分布



圖六：150cm 溫度場分布

3. 由表一可知，樹下平均溫度為 26.8°C，而陽光下溫度為 28.6°C。兩者相差 1.8°C。

因：空氣比熱(Cp)=0.24 Kcal/Kg°C

每一立方公尺的空氣重量是 1.293 公斤。試驗的榕樹陰影部份用圓柱體近似，直徑為 6m、高度為 6m。直徑部份用卷尺測量，高度部份用長竹竿舉高進行量測。

所以體積 V 為

$$V = \frac{\pi}{4} \times D \times D \times H$$

$$= \frac{\pi}{4} \times 6 \times 6 \times 6 = 169.56m^3$$

質量 m 為

$$m = 1.293kg / m^3 \times 169.56m^3 = 219.241kg$$

$$H = m \times s \times \Delta T$$

$$= 219.24 \times 0.24 \times 1.8$$

$$= 94.71kcal / hr$$

根據冷氣製造規格，每一噸冷氣為 2000kcal/hr，則一棵榕樹可轉換幾噸冷氣效果

$$\frac{94.71}{2000} = 0.05 \text{ 噸。}$$

二、研究二：水汽化論點

(一) 研究方法：

樹主要產生水汽化的現象在於葉片面積，因無法直接對大樹葉片總面積作計算，便透過模型的建立去經由由樹冠體積推估出葉片總面積。步驟如下所示：

1. 首先先進行葉片面積的計算，從榕樹取樣十片樹葉，每一片樹葉形狀畫在方格紙上，將十片面積做平均得到葉片面積為 350 m²。
2. 從樹冠圈出半徑為 10cm，高度 10cm 的圓柱體，計算圓柱體內的葉片數，經由五次計算平均可得葉片數為 196 片。
3. 將樹冠葉片面積 (m²) 除樹冠體積 (m³) 可計算出轉換值。

$$\text{轉換質} = \frac{\text{樹葉面積} \times \text{葉片數}}{\text{樹冠體積}}$$

$$= \frac{\text{樹冠葉片面積 (m}^2\text{)}}{\text{樹冠體積 (m}^3\text{)}}$$

$$= \frac{350 \times 196 \times 10^{-6}}{\pi \times 10^2 \times 10 \times 10^{-6}}$$

$$= 21.85$$

4. 如圖二中的榕樹，直徑為 6 m，高度為 3 m，樹冠體積為

$$\text{樹冠體積} = \frac{\pi}{4} \times 6^2 \times 3 = 84.78 m^3$$

5. 樹冠葉片面積為

$$\text{樹冠葉片面積}$$

$$= \text{樹冠體積} \times \text{轉換值}$$

$$= 84.78 \times 21.85 = 1852.44m^2$$

因為研究水汽化必須稱重，無法得知整棵大榕樹的重量，所以將小棵榕樹移植到花盆中 (圖七) 做為實驗模型的建立。實驗配置如表二所示，表中泥土取自實驗大榕樹的周圍。經過三個月的觀察，確認所移植的榕樹已經發出新芽後，進行實驗。



圖七：水汽化論點實驗模型建立

表二：水汽化論點實驗配置

A	泥土重量 4.50kg 加上一棵榕樹 (葉片面積 0.06 平方公尺)
B	泥土重量 4.50kg 加上一棵榕樹 (葉片面積 0.22 平方公尺)
C	泥土重量 4.50kg

先將三盆移到樹下，不要讓陽光直接照射，每一盆倒入 500cc 的水，經過二小時後，讓多餘的水滲出。分別秤三盆的重量，做為初始重量。實驗時將實驗配置 A、B、C 放在跑道上，接受陽光的直射，每間隔一小時後，再秤一次重量。

(二) 研究結果與發現：

1. 將重量的量測結果整理如表三所示：

表三：榕樹的重量測量表

	A(kg)	B(kg)	C(kg)
初始重量	5.50	5.89	5.30
一小時後	5.45	5.83	5.27
二小時後	5.41	5.79	5.24
三小時後	5.39	5.75	5.23

2. 由表三推得表四的分析表：

表四：水蒸發量分析表

	A(kg)	B(kg)	C(kg)
一小時後	0.05	0.06	0.03
二小時後	0.04	0.04	0.03
三小時後	0.02	0.04	0.01

3. 要得知榕樹的淨蒸散量，須以 C 盆的重量為基準，計算結果如表五：

表五：榕樹淨蒸散量

	A - C (kg)	B - C (kg)
第一小時 水量差	0.02	0.03
第二小時 水量差	0.01	0.01
第三小時 水量差	0.01	0.03
三小時總計 水量差	0.04	0.07
平均每小時 水量差	0.01	0.02

4. 由表二、五，取得葉片面積及平均每小時水量差，計算出校園榕樹每小時水量差(kg)。

表六：校園榕樹每小時水量差

	A	B	榕樹
葉片面積 (平方公尺)	0.06	0.22	1852.44
平均每小時 水量差(kg)	0.01	0.02	X

運用外插法求得校園榕樹每小時水量差(kg) X大小：

$$\frac{0.06-0.22}{0.01-0.02} = \frac{1852.44-0.22}{X-0.02}$$

$$X = 115.78kg$$

水的汽化熱是 539 卡/克，相當於 539 仟卡/公斤。每一噸冷氣為 2000kcal/hr 則

$$\begin{aligned} & \text{水汽化的冷氣噸數} \\ &= \frac{539 \times 115.78}{2000} \\ &= 31.20 \text{ 噸} \end{aligned}$$

肆、結論

1. 榕樹影子下，不論高度或位置變化，對溫度的影響不明顯。也就是樹下溫度可視為定值。不需考慮高低及位置。
2. 以溫度論點計算，可計算出一棵榕樹可轉換 0.05 噸冷氣效果。
3. 經由實驗模型進行分析出樹冠葉片面

積為 1852.44 m²。

4. 以水汽化論點計算，可計算出一棵榕樹可轉換 31.20 噸冷氣效果。
5. 由實驗結果得知，以水汽化論點得知一棵大榕樹濃蔭等於 31.20 噸冷氣效果，由此推知「大樹的濃蔭等於 40 噸冷氣的威力」是合理的。

參考文獻

- 牛頓出版社(2010)。國民小學自然與生活科技課本 12 冊。台北：牛頓。
- 行政院農業委員會林務局。2010 年 10 月 19 日取自 <http://www.forest.gov.tw/ct.asp?xItem=44060&ctNode=2577&mp=41>。
- 行政院農業委員會。2010 年 10 月 19 日取自 http://www.coa.gov.tw/search_wg.php?WG_keyword=%BF%40%BD%AE。
- 廖炳勳(2006)。箱型冷氣機能源效率提昇之研究。元智大學機械工程學系碩士論文。未出版。
- 陳恩右(2004)。道路特性與都市局部熱島關係之研究-以台北市主要道路為例。中國文化大學景觀學系碩士班碩士論文。未出版。
- 韓可宗(1998)。都市森林理論與應用。臺北，臺灣：地景出版事業有限公司。
- 李明晃(2004)。都市公園與局地氣溫效應之關係研究-以台北市公園為例。中國文化大學景觀學研究所碩士論文。未出版。