

## 以熱效應量測垂直壁面綠化成效之研究

徐貴新<sup>1\*</sup> 吳奕瑩<sup>2</sup> 鄭百佑<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東南科技大學觀光與生態旅遊系副教授、水利技師

<sup>2</sup> 東南科技大學工業管理研究所研究生

<sup>3</sup> 環球科技大學觀光與生態旅遊系助理教授

### 摘 要

本研究係以熱效應為量測技術，使用紅外線熱像儀為量測工具，將種有爬藤植物的四種不同垂直壁面，其分別為二丁掛磁磚、抵石子、水泥牆及亂石片鋪面做為特定的量測壁面，在同一量測時間點，根據其爬藤植物葉茂的程度分為不同的區塊，測其溫度變化，實驗證實垂直壁面種植爬藤植物不僅有助於牆面降溫，其葉茂程度對溫度亦呈相對的變化。在寸土寸金的都市中，垂直壁面綠化不僅增加了相當程度的綠化面積，尤其在校園建置規劃中，綠化面積的增加不僅能強化校園建築景觀品質，更能節省能源開支，達到最佳的營運管理、創造幽美的學習環境。【低碳校園】、【綠色校園】的規劃及建置，更是現今環境教育及人文教育的基礎，有效的綠化管理，更為推動『節能減碳』的基礎新起點。

關鍵詞：垂直壁面、綠化、爬藤植物、紅外線熱像儀、綠色校園、低碳校園、節能減碳

## 一、前言

近年來由於二氧化碳所引起的『溫室效應』，尤其是人類用電及排放的廢氣等，使氣溫不斷的上升，已造成全球暖化，並導至全球氣候異常因而發生巨大的變遷，人類賴以生存的環境造成急遽的惡化，科學家已從種種實際的觀測與實驗中獲得某種程度的證實，這種現象並且在持續不斷的進行中，其暖化的速度快速的影響也已迫在眉睫。而地球暖化所造成的『溫室效應』及其對環境日益嚴重的影響並非靠部份科學家從事研究即可獲得有效的解決。

臺灣各項綠化活動目前仍處於剛起步的階段，在歐美國家，早已透過激勵計劃、立法及推廣建設標準等，使得各項綠化成為公共活動。本研究期望以更具體的方法，啟動有效的節能、減碳等多方面的環保意識思維以配合綠色校園的規劃建置與管理，做為進而發展都市綠化及全面性區域的環保潛能的基礎，期能達到人類與地球生態平和、共存共榮。

臺灣位於歐亞大陸板塊上，東側有菲律賓海板塊、南側有中國南

海板塊。因地理因素的影響，地質活動頻繁，地震及颱風發生災害(土石流及洪泛)潛勢地區遍及全島，極端氣溫與降雨將加劇災害發生之頻率及規模。隨著經濟的起飛，城鄉的快速建設，尤其是都市的綠地空間相對缺少規劃，工業及交通工具大量的排放廢氣、冷氣、空調等的過度使用，造成環境高溫化。根據台灣電力公司的統計，在夏季用電尖峰時期，室外氣溫每上升 1℃，冷氣空調耗電量大約增加 6%。近百年來的暖化增溫現象，全球上升了 0.8℃，而台灣上升了 1.2℃，其中台北最嚴重，均溫上升 1.5℃，夏天更增溫 1.8℃，是全球暖化的 2.25 倍。明顯超過全球其他地區及台灣附近海域。也說明台灣顯著受到熱島效應的影響。故而『節能減碳』的重要性可說是當前最迫切的議題。

根據 2008 年 6 月 5 日行政院通過「永續能源政策綱領」揭示政策目標：「能源、環保與經濟」三贏，即永續能源的發展應兼顧“能源安全”、“經濟發展”與“環境保護”以滿足未來世代發展的需求。

2010 年行政院院會通過『國家節能減碳總計畫』及十大標竿方

案。並將 2010 年訂為『節能減碳』年，此亦為我國因應全球節能減碳的最新策略。也是我國符合『哥本哈根協議要求制訂溫室氣體「國家適當減緩行動(NAMAS)」的主要內涵 (Durhman et al., 2007; Gettet and Rowe, 2006)。

因此，為因應節能、減碳等重要環保概念的施行，本研究將透過紅外線熱像儀對不同的垂直壁面做具體的量測實驗，直接量測種有爬藤植物的不同鋪面材質其葉茂程度之區塊溫度變化，加以記錄並進行分析，進而產生熱像檔及區域溫度分析，且以視覺化的方式呈現溫度分佈及變化的情形，藉以提供『低碳校園』及『綠色校園』規劃建置及後續管理之參考。例如垂直牆面綠化及屋頂薄層綠化的施作，藉著綠化面積的增加，降低室溫，進而減少冷氣的使用而達到節能減碳的效果。

## 二、文獻回顧

相關研究指出因為廣大的綠地建立與群集，對城市氣候與空氣品質有非常正面的影響，進而增進生態氣候的功効。(Sukopp and Witting, 1998)

在都市中只要提高 10%的綠化覆率(Green rate)，對週圍的平均氣溫可以降低 0.13-0.28°C。(林憲德, 2005)

根據科學證據與聯合國氣候變政府間專家委會(IPCC)彙整的最新科學證據的最新證據『哥本哈根診斷書』(Copenhagen Diagnosis)所提出的觀點，應將全球氣溫升高幅度控制在攝氏 2 度以下，並在科學及公平基礎上採取「減緩」行動以達成穩定氣候的目標。

能源大師佛里曼指出人類已進入「能源氣候年代」(Energy Climate Era)，綠色能源不再只是選項，而是無上命令，是「不改變就滅亡」。人類必需在未來七年內穩定碳排放量，而聯合國 IPCC 已告訴我們要控制溫度上升 2°C以內已是不可能，在本世紀末海平面恐將上升一米。

碳排放量價格是綠能成功的關鍵因素，也就說要『綠』就不能怕麻煩。(原文: 能源大師佛里曼的啟示 - 國家政策研究基金會)

行政院經濟建設委員會(101年 10 月)所制定『國家氣候變遷調適政策綱領』中有關「氣候變遷」指出：聯合國政府間氣候變遷委員

## 以熱效應量測垂直壁面綠化成效之研究

會 ( Intergovernmental Panel on Climate Change · 以下簡稱 IPCC ) 分別於 1990、1995、2001 及 2007 年提出四份報告，明確表示：自從工業文明發展以來，人類活動已經顯著影響全球自然環境系統，1950 年代以後更是快速升高。當人類活動對於地球環境造成的各種影響，超越地球動態平衡的臨界點，便會引起各種快速、非線性、難以預測的物理、化學、生物的變遷，其中以大氣的變化最為顯著，特別是全球暖化 ( global warming ) 的現象。

由於大氣中的溫室氣體 ( greenhouse gases · 包括水蒸氣 (  $H_2O$  )、臭氧 (  $O_3$  )、二氧化碳 (  $CO_2$  )、氧化亞氮 (  $N_2O$  )、甲烷 (  $CH_4$  )、氫氟氯碳化物類 ( CFCs · HFCs · HCFCs )、全氟碳化物 ( PFCs ) 及六氟化硫 (  $SF_6$  ) 等 ) 濃度升高，造成地球氣溫提高，進而引發各種氣候變遷，造成全球環境與社會經濟系統的衝擊。在二十世紀期間，地球大氣中二氧化碳濃度已經升高 30%，造成地球表面的溫度升高  $0.7^{\circ}C$ 。就全球尺度而言，人類大量使用化石能源是造成氣候變遷最重要的因素；就區域及地方尺度而言，

都市化與土地使用變遷也是相當重要的因素。

對建築物而言，雖然屋頂吸收的日照輻射雖為壁面的兩倍，因此設置「屋頂綠化」形式可有效達到降溫之效果。(以模組化植栽系統改善屋頂熱蓄積現象 A modular planting to reduce heat accumulation on the roof 謝博豐，賴建誠，楊惟勝 指導老師：鄭百佑 林慧文 102/10 環球科技大學)

事實告知我們，建築設計之初，若能充分考量植栽為主的綠美化設計，是現今追求永續及生態發展潮流中的一種新思維，無論採用傳統的植栽的綠化方式，或採用盆栽更替輪替的綠化方式，亦或開發垂直綠化的新技術，相信是為時勢所趨。(建築物的垂直綠化與風土外牆設計 黃世孟 國立高雄大學都市發展與建築研究所教授)

學校建築規劃系以教育理念、學校環境和建築條件為基礎，以人、空間、時間和經費為基本向度，使校地、校舍、校園、運動場與附屬設施的配置設計能整體連貫之歷程 (湯志民，1992)。然而在地狹人稠的台灣，大規模的增加綠化面積是

勢在必行，目前的綠化施作仍集中在平面式及屋頂薄層綠化為主，而垂直壁面的綠化應用在水泥化的都市建築及校園建築及管理上，是節能減碳議題的【持續創新】的理念及必要的措施。

### 三、研究材料與方法

本研究利用紅外線熱像儀的測量優勢，記錄現地長時間的溫度變化情形，歸納不同鋪面所呈現之不同溫度變化，不僅讓資料具有相當的可靠性，且因量測本身為固體並非氣體，在實驗量測上可以更忠實的瞭解爬藤植物對不同材質壁面的溫度變化，進而佐以推算熱能蓄積潛勢區域。

研究過程透過實際量測分析各個不同垂直鋪面材質、爬藤植物之熱能變化情形，歸納並尋找適合利用之空間規劃配置。不僅使空間達到美化綠化增加普及率的同時，對地球生態環境的友善貢獻亦帶來非常正面的效果。

本研究致力於搜集的案例中依據新科學儀器的輔助資源下，在相同的時段(中午)提高實務量測的精準度，並加以空間化及圖像化的呈現與說明。實驗結果強調在規劃設

計之初所需廣泛考量的層面，如垂直壁面材質、爬藤植物種類的運用、微氣候、溫度及景觀設計工法等間之交互關係，跨越及整合不同的建材綠能需求及科學研究。

更進一步的著重實際建設之後續變化情形，和實際量測數據為基準，做為綠色校園之建置及管理的導向。而『綠色校園』及『低碳校園』的建置、研發綠色教材與環境教育融入教學資源更是【環保教育】及【人文教育】的基礎。

#### 3.1 研究材料

實驗場所選定下列四種垂直壁面常用的材質進行：

1. 東南科技大學七樓露台垂直牆面：材質為二丁掛磁磚+爬牆虎。
2. 道南河濱公園河堤：材質為抵石子牆面+薜荔。
3. 北市環河快速道路青年公園段：材質為水泥牆面+薜荔。
4. 台北市立大安高級工業學校：材質為亂石片貼面牆面+爬牆虎。

#### 3.2 量測時間

本研究為排除濕度的影響，選定晴天為主要的量測依據。量測以定點實地量測法，實地量測每一量測地點，量測時間皆為中午時段

11:30~13:30 進行，藉以減少因無法同一天量測四個地點其季節氣候變化所造成的誤差。並詳細記錄量測當日的座向、天氣概況及氣溫。

量測建材吸熱後的實際溫度，涉及到材質與密度不同，非本研究的調查內容。

### 3.3. 影像分析

拍攝熱影像利用全面樣點分析，每一張影像中根據葉茂程度擷取二到三區塊即葉子茂密處、葉子較稀疏處及完全無葉子處為分析範圍，由熱像儀輸出溫度資料檔及溫度的紀錄，計算選取區塊範圍的最高溫、最低溫及平均溫度進行比較。

## 四、結果與討論

四個地方拍攝量測的結果分別說明如下：

一、東南科技大樓七樓二丁掛磁磚：

1. 最高溫度排序為 A:葉子茂密處為  $33.3^{\circ}\text{C}$  < B:葉子較稀疏處為  $33.7^{\circ}\text{C}$  < C:完全無葉子處為  $34.1^{\circ}\text{C}$
2. 最低溫度排序為 A:葉子茂密處為  $29.8^{\circ}\text{C}$  < B:葉子較稀疏處為  $32.5^{\circ}\text{C}$  < C:完全無葉子處為  $33.2^{\circ}\text{C}$

3. 平均溫度排序為 A:葉子茂密處為  $31.7^{\circ}\text{C}$  < B:葉子較稀疏處為  $33.1^{\circ}\text{C}$  < C:完全無葉子處為  $33.7^{\circ}\text{C}$

三項溫度顯示的結果均為有種植爬牆虎的牆面溫度較無爬牆虎的牆面溫度為低，有助於節能減碳的效果。

二、道南河濱公園抵石子牆面：

1. 最高溫度排序為 A:葉子茂密處為  $29.4^{\circ}\text{C}$  < B:葉子較稀疏處為  $29.5^{\circ}\text{C}$  < C:完全無葉子處為  $30.1^{\circ}\text{C}$
2. 最低溫度排序為 A:葉子茂密處為  $28.6^{\circ}\text{C}$  < B:葉子較稀疏處為  $28.7^{\circ}\text{C}$  < C:完全無葉子處為  $29.1^{\circ}\text{C}$
3. 平均溫度排序為 A:葉子茂密處為  $29.0^{\circ}\text{C}$  < B:葉子較稀疏處為  $29.2^{\circ}\text{C}$  < C:完全無葉子處為  $29.5^{\circ}\text{C}$

三項溫度顯示的結果均為有種植薜荔的牆面溫度較無爬牆虎的牆面溫度為低，有助於節能減碳的效果。

三、台北市環河快速道路青年公園段水泥牆面：

以熱效應量測垂直壁面綠化成效之研究

1. 最高溫度排序為 A:葉子茂  
密處為  $31.2^{\circ}\text{C}$  < B: 完全無  
葉子處為  $32.4^{\circ}\text{C}$ 。
2. 最低溫度排序為 A:葉子茂  
密處為  $28.5^{\circ}\text{C}$  < B: 完全無  
葉子處為  $30.9^{\circ}\text{C}$
3. 平均溫度排序為 A:葉子茂  
密處為  $29.8^{\circ}\text{C}$  < B: 完全無  
葉子處為  $31.6^{\circ}\text{C}$

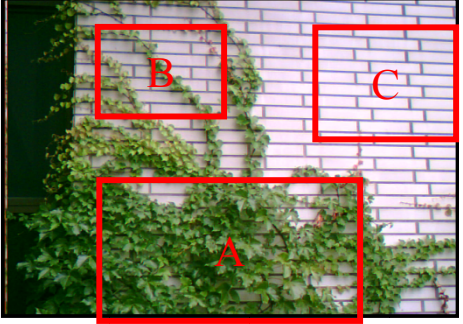
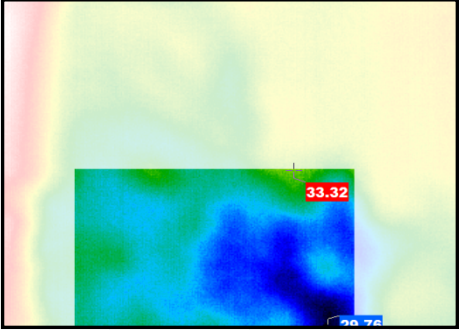
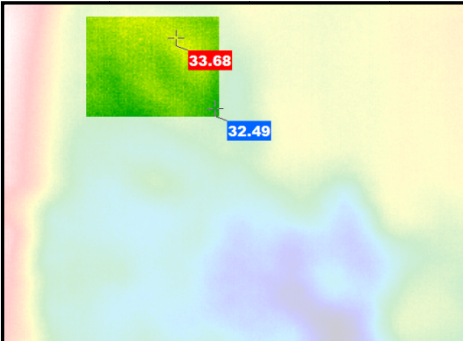
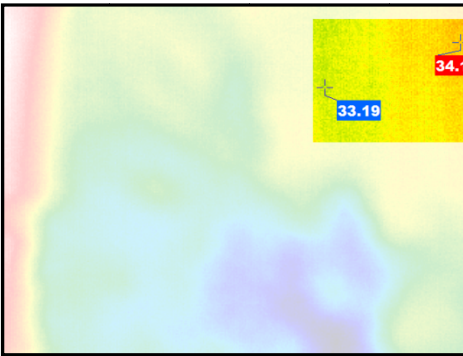
三項溫度顯示的結果均為有種植薜荔的牆面溫度較無種植的牆面溫度為低，有助於節能減碳的效果。

四、台北市立大安高級工業學校亂石片貼面牆面：

1. 最高溫度排序為 A:葉子茂  
密處為  $34.7^{\circ}\text{C}$  < B: 葉子較  
稀疏處為  $35.0^{\circ}\text{C}$ 。
2. 最低溫度排序為 A:葉子茂  
密處為  $33.2^{\circ}\text{C}$  < B: 葉子較  
稀疏處為  $33.7^{\circ}\text{C}$
3. 平均溫度排序為 A:葉子茂  
密處為  $34.1^{\circ}\text{C}$  < B: 葉子較  
稀疏處為  $34.5^{\circ}\text{C}$

三項溫度顯示的結果均為爬牆虎莖葉茂密的牆面溫度較爬牆虎莖葉稀疏甚至完全無莖葉覆蓋的牆面溫度為低，可見種有爬藤植物的牆面有助於降低溫度，達到節能減碳的效果。

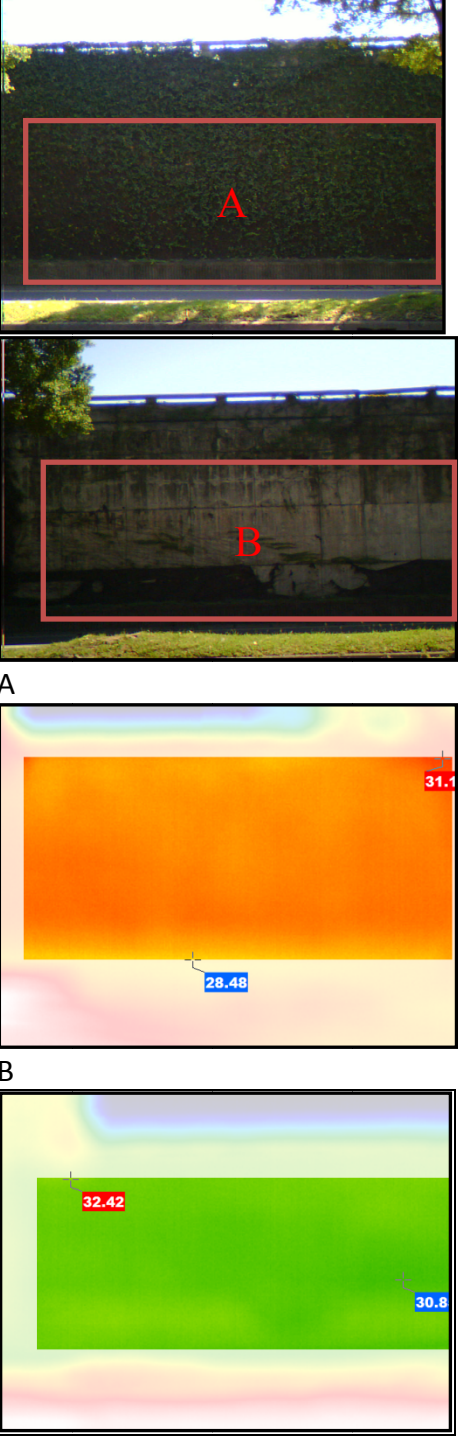
以熱效應量測垂直壁面綠化成效之研究


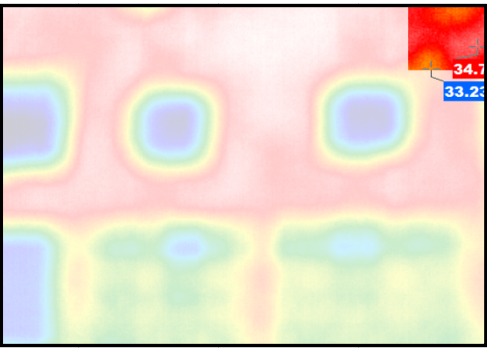
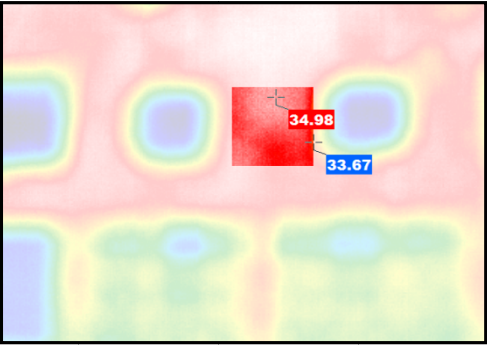
量測地點	基地資料說明	資料及影像分析照片	量測結果分析	結 論
<p>東南科技大學中正樓七樓</p>	<p>102年08月02日 晴陰 中午 12:19 坐東北朝西南 戶外溫度:</p>	 <p>A</p>  <p>B</p>  <p>C</p> 	<p><b>A</b> 測試區塊為葉子最茂密處，最高溫為 33.32 度，最低溫為 29.76 度，平均溫度為 31.66 度。</p> <p><b>B</b> 測試區塊為葉子較稀疏處，最高溫為 33.68 度，最低溫為 32.49.76 度，平均溫度為 33.13 度。</p> <p><b>C</b> 測試區塊為完全無葉子處，最高溫為 34.1 度，最低溫為 33.19 度，平均溫度為 33.65 度。</p>	<p>本量測地點實際量測結果分為</p> <p><b>A:</b>葉子茂密處 <b>B:</b>葉子較稀疏處 <b>C:</b>完全無葉子處</p> <p>最高溫為 A:33.32°C&lt;B:33.68°C&lt;C:34.1°C 最低溫為 A:29.76°C&lt;B:32.49°C&lt;C:33.19°C 平均溫度為 A:31.66°C&lt;B:33.13°C&lt;C:33.65°C</p> <p>三項溫度顯示的結果均為有種植爬牆虎的牆面溫度較無爬牆虎的牆面溫度為低，有助於節能減碳的效果。</p>



量測地點	基地資料說明	資料及影像分析照片	量測結果分析	結 論
文山區道南河濱公園	102 年 11 月 08 日 晴陰 中午 12:19:50 坐南朝北 戶外溫度:29°C	   	<p><b>A</b> 測試區塊為葉子最茂密處，最高溫為 29.41 度，最低溫為 28.56 度，平均溫度為 28.98 度。</p> <p><b>B</b> 測試區塊為葉子較稀疏處，最高溫為 29.52 度，最低溫為 28.73 度，平均溫度為 29.19 度。</p> <p><b>C</b> 測試區塊為完全無葉子處，最高溫為 30.09 度，最低溫為 29.13 度，平均溫度為 29.51 度。</p>	<p>本量測地點實際量測結果分為</p> <p>A:葉子茂密處                      B:葉子較稀疏處                      C:完全無葉子處</p> <p>最高溫為                      A:29.41°C&lt;B:29.52°C&lt;C:30.09°C                      最低溫為                      A:28.56°C&lt;B:28.73°C&lt;C:29.13°C                      平均溫度為                      A:28.98°C&lt;B:29.19°C&lt;C:29.51°C</p> <p>三項溫度顯示的結果均為有種植薜荔的牆面溫度較無爬牆虎的牆面溫度為低，有助於節能減碳的效果。</p>

以熱效應量測垂直壁面綠化成效之研究

量測地點	基地資料說明	資料及影像分析照片	量測結果分析	結 論
<p>台北市環河快速道路青年公園段</p>	<p>102年11月08日晴 中午 12:35:56 坐東南朝西北 戶外溫度:30°C</p>	 <p>The figure consists of four images. The top two are photographs of the test areas: Area A is a wall covered in dense green ivy, and Area B is a bare concrete wall. Below each photograph is a corresponding thermal map. The thermal map for Area A shows a high temperature (31.16°C) at the top of the ivy wall and a lower temperature (28.48°C) at the bottom. The thermal map for Area B shows a high temperature (32.42°C) at the top of the bare wall and a lower temperature (30.8°C) at the bottom.</p>	<p><b>A</b> 測試區塊為葉子最茂密處，最高溫為 31.16 度，最低溫為 28.48 度，平均溫度為 29.8 度。</p> <p><b>B</b> 測試區塊為完全無葉子處，最高溫為 32.42 度，最低溫為 30.85 度，平均溫度為 31.58 度。</p>	<p>本量測地點實際量測結果分為 A:葉子茂密處 B:完全無葉子處 最高溫為 A:31.16°C&lt;B:32.42° 最低溫為 A:28.48°C&lt;B:30.85°C 平均溫度為 A:29.8°C&lt;B:31.58°C 二項溫度顯示的結果均為有種植薜荔的牆面溫度較無薜荔的牆面溫度為低，有助於節能減碳的效果。</p>

量測地點	基地資料說明	資料及影像分析照片	量測結果分析	結 論
<p>台北市大安高級工業學校</p>	<p>102年11月08日 晴 中午 12:35:56  坐東南朝西北  戶外溫度:30°C</p>	 <p>A</p>  <p>B</p> 	<p><b>A</b> 測試區塊為莖葉最茂密處，最高溫為34.7度，最低溫為33.23度，平均溫度為34.05度。</p> <p><b>B</b> 測試區塊為莖葉稀疏處，最高溫為34.98度，最低溫為33.67度，平均溫度為34.47度。</p>	<p>本量測地點實際量測結果分為  <b>A:</b>葉子茂密處  <b>B:</b>葉子稀疏處          最高溫為  <b>A:</b>34.7°C&lt;<b>B:</b>34.98°          最低溫為  <b>A:</b>33.23°C&lt;<b>B:</b>33.67°C          平均溫度為  <b>A:</b>34.05°C&lt;<b>B:</b>34.47°C          三項溫度顯示的結果均為爬牆虎莖葉較茂密比爬牆虎莖葉較稀疏的牆面溫度為低，有助於節能減碳的效果。</p>

## 五、結論與建議

本研究進行實地量測四種不同材質的垂直面其爬藤植物茂密程度不同產生溫度變化，實驗證實垂直壁面種植爬藤植物不僅有助於牆面降溫，其葉茂的程亦對溫度呈現相對的變化。

在一般建築的學習理念中，深烙著「形隨機能生 ( Form follow function ) 」思維，近幾年來即將被以「綠化裝飾」為主的植生設計所顛覆。在傳統的建築理念中，植栽與建築是單獨存在的設計，如今兩種設計整合成一體的新思維，並結合生態及節能減碳的概念，對於今後的建築設計教育，或建築師從事建築設計創作的面向上，確實拓展出一片的新領域、新天地。在今天追求永續發展的環境設計中，建築的營造如何讓建築物增加綠化面積，擁有更大容納自然生態潛力，已必然的趨勢。

垂直綠化的建置已朝向兩個面向的思維：一、從建築設計規劃之初即構思建築物外牆面的綠化作為。二、在建築物外牆附加垂直綠化的設施物。當然，兩者，無論採用何種面向均涉及植栽的種類、植栽維

護的輔助設施，包括滴灌、排水、定期維護修整、面對不可抗拒之天災如颱風等產生的問題及緊急應變措施。且建築外觀的垂直綠化可以充分配合需求，兼顧民族或學校機關特色，形成建築物外牆設計的一種新理念、新工法。

傳統垂植綠化的工法，係將爬藤植物直接種植在外牆邊，待爬滿後，則容易有滲漏、防水層破損、結構牆檢修、水管阻塞等問題時，無法針對部份牆面進行檢修，也不易將綠牆上之植物暫時性搬離。

現今的建築在垂直綠化方面有新的工法，如假牆的設計，意指雙層牆，一層為結構體，另一層為裝飾體。將植栽種植在裝體上，待植物爬滿後，不僅可達到建築美化綠化、增加綠面積的效果，更可避免傳統工法產生滲漏、防水層破壞及結構破壞水管阻塞...等問題，同時更使建築物更具立體特色。

隨著時代的進步，各種綠化的工法亦不段的日新月異，大自然中的水、風、光、土壤及空氣等孕育了大地萬物的生命，也提供了生生不息的能量。近年來在『節能減碳』思維的衝擊下，各種的建築設計勢必要改變傳統的思考及設計理念，

走向綠建築的新方向，同時兼顧節能減碳與環保，並提供使用更舒適的庭園景緻。在寸土寸金的都市中，更增加了綠化面積，尤其在校園建置規劃中，綠化面積的增加不僅能增加校園建築景觀品質，更能節省能源開支，達到最佳的營運管理、創造幽美的學習環境。

近年來永續環境教育的推行、【低碳校園】、【綠色校園】的規劃及建置，更是現今環境教育及人文教育的基礎，落實政府節能減碳的政策及友善環境的設置維護亦是全人類的共同使命。

## 參考文獻

1. 田中正之，陳宏政譯，1995，溫暖化的地球，書泉出版社。
2. 行政院經濟建設委員會，2012，國家氣候變遷調適政策綱領。
3. 林憲德，2005，城鄉生態-Biodiversity Design for Living Environment，詹氏書局。
4. 陳滢世、巫嘉綺，2011，台南市公園綠地植栽與鋪面型態之溫熱環境-紅外線測溫熱像分析，國立臺南大學生態科學與技術學系。
5. 郭睿嫻、胡嘉容、詹巧竹，2013，運用紅外線熱像儀探討不同地表鋪面之熱效應量測，環球科技大學環境資源管理系。
6. 黃世孟，建築物的垂直綠化與風土外牆設計 國立高雄大學都市發展與建築研究所教授
7. 湯志民 1992 學校建築與校園規畫。臺北市：五南書局。
8. 謝維芳，2013，不同介質與結構對綠屋頂隔熱果之影響，中興大學園藝學系博士論文。
9. 謝博豐、賴建誠、楊惟勝，2013，以模組化植栽系統改善屋頂熱

蓄積現象 環球科技大學。

10. 薛聰賢，2005，台灣花卉實用圖鑑，台灣普綠有限公司出版部。
11. 蘇榮宗，2009，屋頂植草覆土層熱效應之研究，國立高雄大學碩士論文。
12. B.-Y. Cheng, T.-C. Liu, G.-S. Shyu, T.-K. Chang and W.-T. Fang\*.2011, Analysis of trends in water quality: constructed wetlands in metropolitan Taipei, *Water Science and Technology*, Vol.64 (11), pp.2143-2150 (SCI).
13. Tung-Chi Liu, G.-S. Shyu, Wei-Ta Fang, Ssu-Yin Liu and Bai-You Cheng\*.2012, Drought Tolerance and Thermal Effect Measurements for Plants Suitable for Extensive Green Roof Planting in Humid Subtropical Climates, *Energy and Buildings*, Vol.47, pp.180-188. (SCI).

投稿 103.04.10  
定稿 103.04.13