

行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列編號 tfbc-1010511

屏東地區造林樹種生長監測及碳吸存效益分析
Study on Carbon Fixation and Growth Monitoring of
the Plantations in Pingtung



委託機關：行政院農業委員會林務局

執行機關：國立臺灣大學

中華民國 102 年 6 月

摘要

本研究運用渦度相關法(Eddy Covariance method)之理論基礎於屏東萬隆農場平地造林地設立通量觀測塔，監測平地造林地之二氧化碳通量，希望能計算出平地造林地之碳吸存能力，並將在二氧化碳減量上之具體數據估算出來，突顯本研究在全球氣候變遷、碳稅上之重要貢獻。

樣區已進行3次每木調查，試驗地範圍內共計十二種造林樹種。試驗地平均垂直風速為0.001 m/s，由此可見試驗地處於穩定狀態，符合實驗的前提假設，風向以東風為主，由地圖判斷屬山風。二氧化碳濃度過去四年逐年遞增，但今年下降為373.51 ppm，較2011年(396.92 ppm)、2010年(393.23 ppm)、2009年(387.52 ppm)及2008年(379.24 ppm)低，可能與固碳量增加有關，每日二氧化碳濃度變化幅度平均為76.17 ppm。二氧化碳平均通量值為 $-0.981 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 。從二氧化碳濃度及通量的日夜週期變化，就所得數據換算之二氧化碳固定量，以2012年為例平均每天每公頃林地可以從空氣中固定約48.23 kg的二氧化碳，換算全造林面積290.66公頃，則2012年全年約可固定5116.76公噸之二氧化碳。地表淨輻射值於白天日照強烈時可出現最大正值，而夜晚則出現負值，表示地表能量散失；屏東試驗站白天日照強烈時可感熱通量最大值可達 $592.623 \text{ W}/\text{m}^2$ ，而夜晚逆溫現象發生時有最小值；潛熱通量平均值逐月增加至六月份的 $146.144 \text{ W}/\text{m}^2$ ，於白天日照強烈時出現最大正值，而夜晚空氣溼度較大時潛熱通量值則會出現負值。

關鍵字：全球氣候變遷、二氧化碳通量、渦度相關法、碳吸存量

Abstract

Based on the theory of Eddy Covariance method, flux monitoring towers were established in Pingtung, in order to monitor the CO₂ flux of the reforestation on the plain, with the hope that we can calculate the capacity of carbon storage of there forestation on the plain, and the realistic figures in the reduction of CO₂ emission thereof. We sincerely hope that this study would provide some contribution to the carbon tax involved in the global climate change.

Up to the present, 2 complete enumerations have been carried; there are 12 tree species in the experimental plots. From January to October of 2012, east wind is the prevailing wind direction in the experimental plots, with an average vertical wind speed of 0.001 m/s, therefore the experimental plots are under stable conditions, which meet the assumption of this study. The CO₂ concentrations of each month in the experimental plots increase during night time, and then decrease gradually during day-time and reach the minimum concentration around noon-time or right after it. The average atmospheric CO₂ concentration increases progressively year by year (379.24, 387.52, 393.23, 396.92 ppm) until 2011, and the daily variation of CO₂ Concentration of 76.17 ppm. The average CO₂ flux is $-0.981 \mu \text{ mol/m}^2/\text{s}$. According to the CO₂ concentration and the day and night cyclic variation in CO₂ flux, we can calculate the carbon storage capacity of forest, on the average, each ha of forest can absorb 48.23 kg of CO₂ from the air daily or the total experimental plots can sequester 5116.76 metric ton of CO₂ each year. The net radiation reach the maximum positive value during the day time with great solar intensity, and reaches negative value during night time indicating the dissipation of energy. The mean sensible heat flux reaches the maximum value during day time with maximum solar intensity and reaches the minimum value during night time when the temperature inversion phenomenon happens. The average latent heat flux gradually increase to 146.144 W/m^2 in June, and reaches the maximum value during day time with maximum solar intensity, and approaches negative value during night time with increased atmospheric moisture content.

Keywords: Global climate change, Carbon dioxide flux, Eddy covariance method, the amount of carbon sequestration.

目錄

摘要.....	1
Abstract.....	2
一、前言.....	4
二、材料與方法.....	5
三、結果與討論.....	9
四、結論.....	21
五、參考文獻.....	23
附錄一、各樹種生長基本資料.....	24
附錄二、風向及風速基本資料.....	26
附錄三、大氣二氧化碳濃度資料.....	27
附錄四、微氣候基礎資料.....	29
附錄五、歷年二氧化碳濃度資料.....	34
附錄六、屏東試驗地歷年之月平均二氧化碳吸存量.....	35
期中報告委員審查意見辦理情形表.....	36

一、前言

近年來因氣候變遷造成極端氣候出現頻度增加，許多氣候異常現象造成人類生存上的危機，造林減碳政策是全世界目前最重要的工作。平地造林除滿足平地景觀、綠化、淨化、美化環境之功能外，更能發揮減少大氣中CO₂濃度之功能、提供碳稅、減緩氣候變遷之影響。

隨著全球環境變遷課題的日益重要，建立連續且長期監測地表二氧化碳、水氣、及可感熱(sensible heat)流通量(flux)的觀測站也愈趨需要。利用渦度相關法通量測量地面層與大氣CO₂交換已是近年來全球性研究課題 (Yu *et al.*, 2006)。這些觀測站所獲得的數據也是研究區域氣候、水文、及生態的重心。

美國航空及太空總署於1998年決定支助建立全球性的地表二氧化碳、水氣、及熱能流通量的監測網，稱為fluxnet。Fluxnet主要結合數個區域性監測網，分別是位於北美及南美的AmeriFlux 在1996年成立，歐洲的CarboEuroFlux 也於2004年成立，在澳洲和紐西蘭有OzFlux 監測網，而加拿大地區的監測網為Fluxnet - Canada，非洲地區的CarboAfrica 是在2006年由歐盟設立，而亞洲的AsiaFlux 在1999年成立，韓國也於2002年起成立其觀測網KoFlux，中國大陸的ChinaFLUX 也於2002年成立。根據fluxnet網站公布的資料顯示，全球已超過500個觀測站，分布範圍從南緯30度至北緯70度，遍布五個大陸的針葉林、闊葉林、熱帶林、草地、農田、北方森林、凍原、濕地等生態系。各觀測站點都以渦度相關技術為主體對植被—大氣間的二氧化碳、水氣、能量通量以及生態系統水碳循環的關鍵過程進行長期和連續性的觀測（資料來源：<http://www.fluxnet.ornl.gov>）。鑑於此課題的重要性，台灣應速建立起自己的觀測站，獲取觀測值，分析其區域特性，並加入Fluxnet 監測網。

國內平地景觀造林政策自民國90年8月31日經行政院核定，民國91年1月1日開始執行，預定至民國96年12月31日總共造林 25,100公頃。至民國94年底止，平地造林面積為8,010公頃，平地造林除了有國土保安、資源保育、景觀維護、維護生物多樣性之存續效應外，造林木可從空氣中吸收二氧化碳、改善大氣組成，降低溫室效應，正是減低二氧化碳最環保、最低成本與最有效的方法，平地景觀造林政策是臺灣配合京都議定書，善盡地球村一份子的責任，監測評估平地造林地二氧化碳通量之變化，提昇我國友善環境的形象。

本研究運用渦度相關法(Eddy Covariance method)之理論基礎於屏東地區台糖公司造林地設立通量觀測塔，監測平地造林地之二氧化碳通量，希望能藉由各項微氣候及通量監測，計算出平地造林地之碳吸存能力，並將政府近年來推動平地造林政策在二氧化碳減量上之具體數據估算出來，突顯本研究在全球氣候變遷、碳稅上之重要貢獻。此外，期能經由長期監測進一步了解微氣候對平地造林碳吸存之影響。

二、材料與方法

1. 試驗樣區位置

本試驗觀測站設置於屏東縣新埤鄉海豐段 176 號，該區段屬台灣糖業股份有限公司屏東區處萬隆農場，合計總面積約為 290.66 ha。平地景觀造林開始於民國 91 至民國 94 年止，於萬隆農場 25 個區塊中共計栽植 14 個樹種，栽植密度每公頃 1,500 株，共計栽植 435,990 株造林木，各區塊詳細造林樹種、樹種基本資料詳如附錄一。

觀測站架設於 8 號地東北角的觀測塔，可觀測範圍約為 1 平方公里，涵蓋範圍主要為萬隆農場 3、4、8、9 號地，以及此四區塊周圍的 2、5、7、10、11 號地等五個區塊，因此觀測塔所測得的二氧化碳通量資料主要為 2、3、4、5、7、8、9、10、11 號地等九個區塊（圖 1）。於觀測塔周邊鄰近區域設置 16 個圓形大樣區，大樣區內再設置 4 個小圓形樣區，共設置 64 個小圓形樣區，對各小樣區進行每木調查，測量樹高及胸徑，以了解試驗地林木基礎狀況。

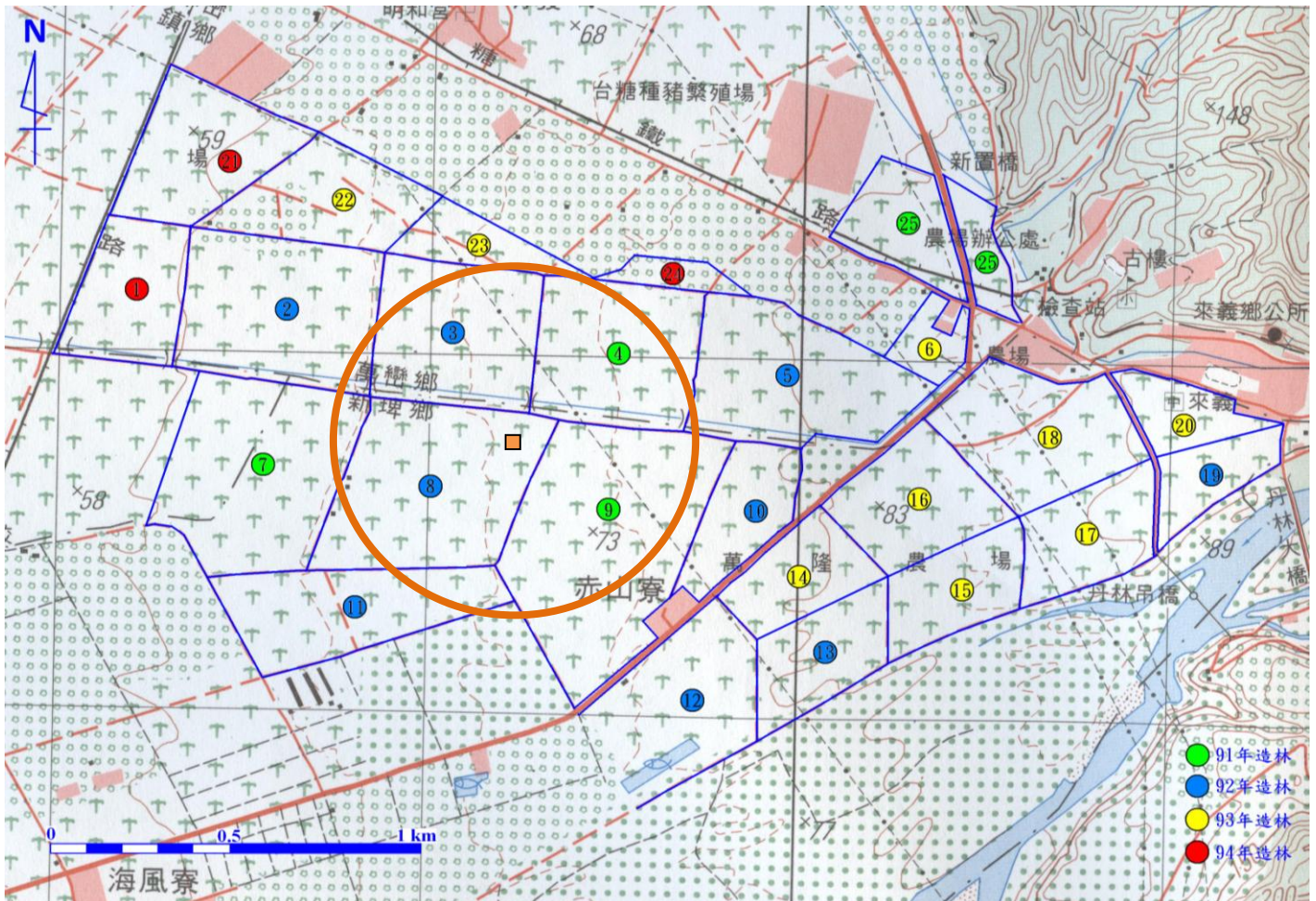


圖 1 萬隆農場 25 區塊分佈位置圖及造林年度，橘色方塊表觀測塔位置，圓框為直徑 1 公里的範圍，代表渦度相關法可觀測之範圍(背景地圖摘自經建版台灣地區二萬五千分之一地形圖)。

2.研究方法

(1)渦度相關法(eddy covariance method)

渦度相關法(eddy covariance method)是微氣候學的一種研究方法，目前是通量監測中公認最準確的方法，同時此法具有連續觀測及具有大尺度範圍之代表性的優點(Jung *et al.*, 2010)。國內外許多長期通量觀測站都使用渦度相關法直接量測生態系中二氧化碳、水氣、熱通量等數值。渦度相關是指某物質的垂直通量，即此物質濃度與其垂直速度之共變異數(協方差, covariance)，因此二氧化碳在單位體積空間內濃度的變化率等於二氧化碳在垂直方向的通量。大氣邊界層中之熱、水氣、動量及其他質量的傳輸，主要是由紊流主導，因此二氧化碳、可感熱、潛熱通量可用下列各式求得(宋霞等，2004；賴玫君，2007；Wang and Davis, 2008)：

A.可感熱通量

$$H = \rho C_p \overline{w't'}$$

H 為可感熱通量(W/m²)

ρ 表示空氣密度(=1.225 mol⁻³)

C_p 是比熱容(= 29.3 J mol⁻¹ K⁻¹)

$w't'$ 表示溫度垂直紊流通量

B.潛熱通量

$$LE = L_v \overline{w'q'}$$

LE 為潛熱通量(W/m²)

L_v 為水的汽化熱(= 2,450 J/g)

$w'q'$ 表示水氣垂直紊流通量

C.二氧化碳通量

$$F_{CO_2} = \overline{w'c'}$$

F_{CO_2} 為二氧化碳通量(mmol/m²s)

$w'c'$ 二氧化碳垂直紊流通量。

當觀測環境滿足以下三個大氣條件時：一、大氣觀測環境需為穩定狀態，二、水平均質的碳源、碳匯，三、大氣的下墊面為平坦地形，生態系各通量值可由三

維風速計與紅外線氣體分析儀監測數據求得(宋霞等, 2003; 夏禹九等, 2005; Desjardins *et al.*, 2008; Tsai *et al.*, 2008)。

(2) 渦度相關系統

本觀測塔以渦流相關系統 (eddy-covariance system): 包含監測二氧化碳及水氣之開放式紅外線氣體分析儀 (LI-COR/LI-7500 open-path infrared gas analyzer) 與量測風向風速之三維音波風速計 (CAMPBELL/CSAT3 three-dimensional sonic anemometer) 等, 以單點量測的方式觀測二氧化碳通量值, 同時觀測平地造林地之淨輻射量、熱通量值、潛熱通量與土壤熱通量, 作為修正二氧化碳通量值之依據。另配合各項氣象監測儀器以瞭解樣區之試驗背景資料。此外, 由於樹高生長, 於2010年2月間將位於地上15公尺之輻射計、風速計、光量計及開放式氣體分析儀上移至20公尺處, 儀器高度必須高於冠層, 但僅影響有效監測面積, 冠層高度之變動及土壤有機物之累積並不影響二氧化碳通量之測值。

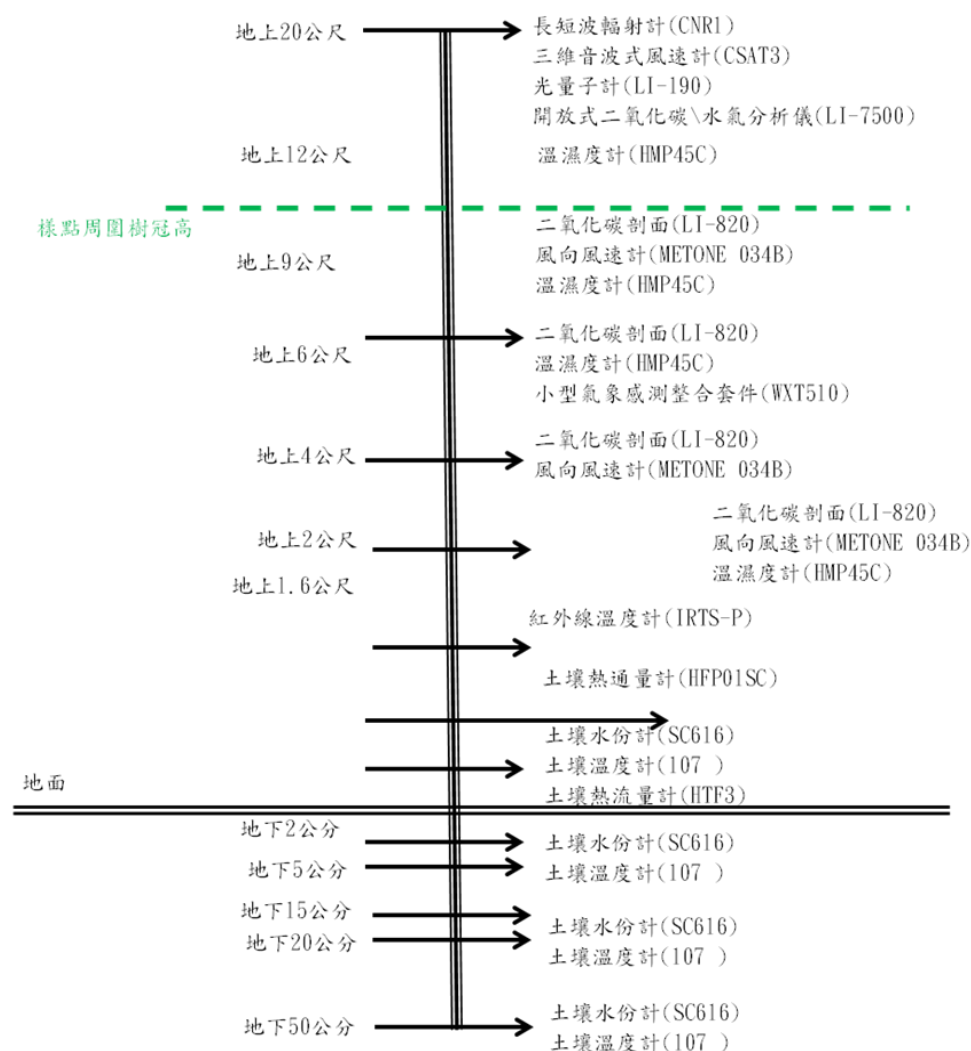


圖 2 渦度相關系統與微氣候監測儀器架設高度示意圖。

(3)資料處理

渦度相關系統之三維風速、氣溫、二氧化碳及水氣含量的取樣頻率為10 Hz，每30分鐘將18,000筆資料計算並記錄成30分鐘的平均值資料。量測生態系二氧化碳、水氣、熱通量，取得原始資料，而利用渦度相關法量測通量需符合三項基本假設：觀測地點需為地勢平坦之處、水平均勻地表存量分佈(horizontal homogeneous)、以及在某一段時間內風的流況為穩態(steady state)。因此大氣條件不符合的情況下，會出現錯誤的數據，需先將錯誤的量測數據除去，透過三維音波風速計所測得的資料，渦度相關系統會依據程式設定對資料進行初步處理，再以剩餘的原始資料，每30分鐘取一次平均值，代表某時間點的通量值，若是原始資料錯誤筆數過多，則需對儀器進行調校(Sun *et al.*, 2006)。

大氣的空氣密度與一些較小的組成成份(如CO₂ 或水氣等)，都會影響量測到的紊流通量值，前人實驗結果發現，誤差最高甚至可達到10%，根據表面能量守恆定律，地表淨輻射量(R_n)是所有表面能量來源：部分能量提供地表熱能，稱作可感熱通量(H_s)；有些則成為水氣蒸發散的能量，形成潛熱通量(LE)；其他由土壤吸收變成土壤熱通量(G) (Guan *et al.*, 2006; Klemm *et al.*, 2006)。因此可用(式4)來判定通量值是否有誤：

$$R_n = H_s + LE + G \quad (4)$$

因此當 $H_s + LE + G \geq 1.2 * R_n$ 時，該筆資料可判定為錯誤資料，又由於土壤熱通量(G)數值比潛熱通量(LE)與可感熱通量(H_s)小很多，所以也可用(式5、式6)來判定：

$$H_s > R_n + 50 \quad (5)$$

$$LE > R_n + 50 \quad (6)$$

因此原始通量資料可用式4、5、6 將錯誤資料去除，再以其餘資料計算平均值，若錯誤資料過多，則該筆資料(30分鐘平均值)判定為錯誤資料。經過資料處理，量測到的通量值可能出現資料缺失(gap)，此時可用二氧化碳通量值與地表淨輻射量兩項資料求出回歸式進行資料補遺(gap filling)。

三、結果與討論

1. 每木調查

試驗地於2011年初開始每年進行一次每木調查，至今已進行3次每木調查，測量樹高、胸徑，以了解試驗地林木基礎狀況及生長情形，共計調查樣木約1,400餘株。

試驗地範圍內共計 12 種造林樹種，於民國 91、92 年間造林，造林密度為每公頃 1,500 株，樣區內平均樹高以桃花心木 9.8 m 最高，其中最高單株已超過 14 m，而胸徑平均一年可增加 0.6 cm 至 2.5 cm，以茄苳平均胸徑最大。觀測塔設立初期大部分造林地尚未鬱閉，經過五年，部分造林地已接近鬱閉。土肉桂樣區由於台糖公司預計開挖人工湖，大部份樣木遭挖除移植，因此 2012 年之後無調查資料，另由於土肉桂樣木僅 8 株，因此對後續監測影響不大。

表 1 屏東試驗地各樹種歷年生長資料平均值

樹種	樹高(m)			胸徑(cm)		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
土肉桂	2.9±1.7*	-	-	5.9±3.1	-	-
水黃皮	3.1±0.9	3.7±0.9	4.2±1.2	5.2±2.0	5.6±2.4	6.4±2.6
欖	4.4±1.2	5.3±1.4	5.9±1.5	6.2±2.2	6.9±2.5	7.8±2.9
光臘樹	4.9±1.6	6.0±1.6	7.3±2.0	6.5±2.8	7.8±3.1	8.6±3.5
印度紫檀	5.4±1.4	6.3±1.4	7.3±1.6	7.8±3.0	8.8±3.3	9.8±3.9
波斯皂莢	6.0±1.8	7.4±1.4	8.4±1.6	8.6±3.4	9.9±3.3	10.5±3.4
茄苳	4.4±1.1	5.5±1.5	6.3±1.2	10.3±4.7	12.5±5.4	15.0±5.8
苦楝	4.8±1.5	5.3±1.5	5.8±1.8	6.8±3.4	7.6±4.1	8.6±5.1
桃花心木	7.1±1.8	8.1±1.7	9.8±1.8	8.8±2.8	10.5±3.4	12.2±3.7
無患子	4.4±0.7	5.1±0.8	5.8±1.2	5.5±1.9	7.1±2.1	7.7±2.8
楓香	6.1±1.5	7.2±1.8	8.1±2.1	7.1±2.0	8.0±2.2	9.9±2.0
欖仁	6.1±1.8	6.9±1.6	8.0±1.8	8.80±2.8	9.7±2.9	10.7±3.3

註：土肉桂樣木於 2012 年遭挖除

*Mean±SD

2. 平地造林地通量監測

以渦度相關法進行二氧化碳通量觀測具有非破壞性、連續觀測、及較大區域(大尺度, 100 m – 2 km)代表性之優點, 不過需依賴穩定狀態(steady state)、水平均質的碳源與碳匯(homogeneous)、與平坦的下墊面, 將渦流三維的傳輸過程簡化為一維方向(垂直)的傳輸過程, 而穩定狀態需在一段時間(通常為 30 分鐘)內之平均垂直風速為零。

本試驗地除颱風侵襲期間外, 各月份平均垂直風速均相當小, 全年平均值為 0.001 m/s, 因此可發現試驗地處於穩定狀態, 符合渦度相關法的前提假設, 而平均風速為 0.796m/s(表 2)。十二月、一月及二月風向以東風及北風為主(圖 3), 三月至十月多為東風, 由地圖判斷屬山風, 且穩定地在夜間發生, 但日間風速仍較夜間風速大。

表 2 2012-2013 年各月份觀測站風速基本資料(m/s)

月份	平均水平風速	最大水平風速	平均垂直風速
四月	0.941	7.100	0.001
五月	0.840	15.300	-0.007
六月	0.957	21.900	-0.001
七月	1.063	21.300	-0.018
八月	0.758	21.300	-0.022
九月	0.912	5.100	0.002
十月	0.431	2.500	0.009
十一月	0.428	4.000	0.008
十二月	0.574	22.100	0.011
一月	0.695	4.300	0.010
二月	0.977	5.700	0.013
三月	0.977	5.000	0.013
平均	0.796	-	0.001

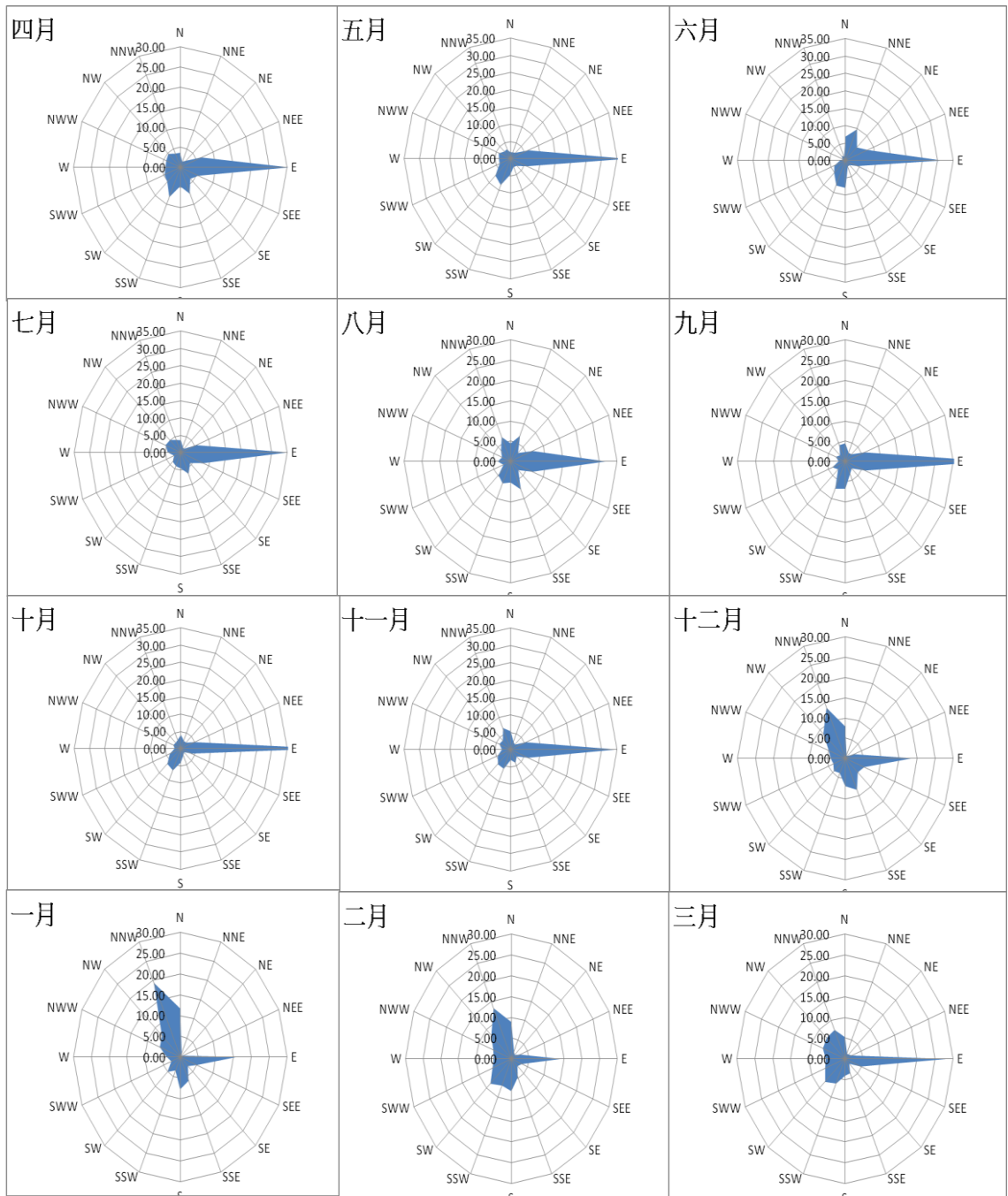


圖 3 觀測站 2012 年 4 月至 2013 年 3 月風向圖(%)

3. 平地造林地之二氧化碳通量

本試驗地各月份 CO₂ 濃度值雖不相同，但皆於夜間上升，並在白天日出後逐漸下降，於中午或午後達最低濃度，但較乾燥的季節則無此趨勢(十二月至隔年三月)，此外，各月份間二氧化碳日變化趨勢差異不大(圖 4)，由表 3 可知四月至隔年三月大氣平均二氧化碳濃度為 373.51，較 2011 年(396.92 ppm)、2010 年(393.23 ppm)、2009 年(387.52 ppm)及 2008 年(379.24 ppm)略低，顯示本試驗地大氣二氧化碳濃度自 2008 年上升至 2011 年後，今年首度有下降的趨勢，推測可能為造林木在 2012 年固碳量大增所致。每日二氧化碳濃度變化幅度平均為 76.17 ppm，在四月至隔年三月間二氧化碳濃度日平均變化量以一月的 37.17 ppm 最低，而六月有最大日變化量 162.36 ppm(表 3)。

由於試驗地附近並無其他二氧化碳觀測站，因此以通量觀測塔 2, 4, 9 m 處設置封閉式氣體分析儀的資料與塔頂(20 m)開放式氣體分析儀作比較，塔頂二氧化碳濃度相對穩定，變動幅度不大，但塔下的二氧化碳濃度日夜變化大，與塔頂之測值相較均較高，且在夜間差異較大。

表 3 屏東試驗地 2012 年 4 月至 2013 年 3 月大氣平均二氧化碳濃度(ppm)變化

月份	平均值	最大值	最小值	日均變化量
四月	368.22	631.48	294.55	74.58
五月	371.39	612.07	248.10	103.89
六月	379.13	641.69	279.02	162.36
七月	362.24	626.12	273.30	88.71
八月	374.58	604.69	314.18	106.94
九月	374.18	599.78	304.57	77.26
十月	324.17	584.10	279.85	68.90
十一月	371.10	635.23	327.63	43.56
十二月	386.37	589.92	294.45	67.40
一月	397.68	496.87	342.63	37.17
二月	380.14	429.07	326.37	38.82
三月	392.97	657.66	359.23	44.39
平均值	373.51	-	-	76.17

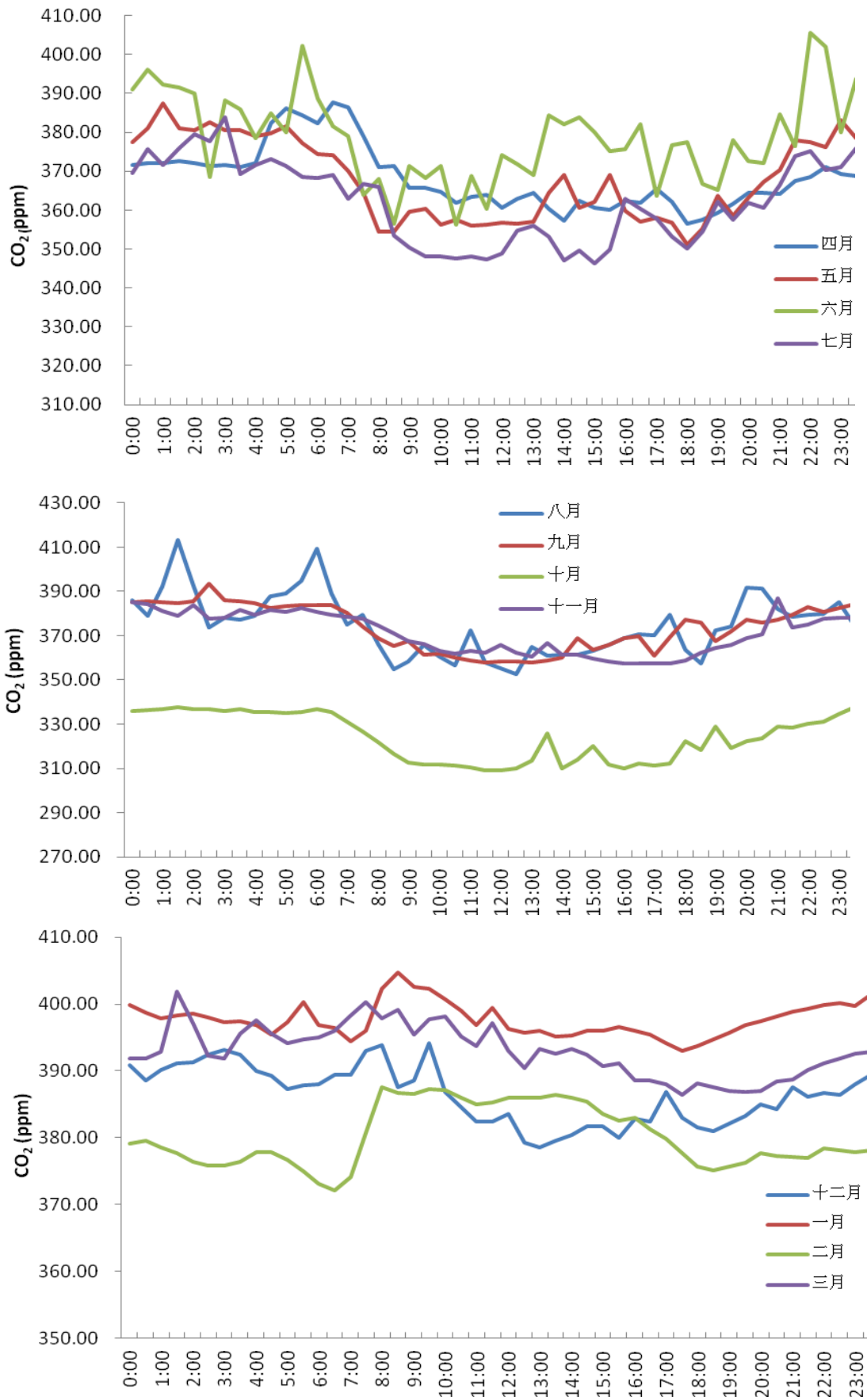


圖 4 屏東觀測站 2012 年四月至 2013 年三月之大氣二氧化碳濃度日變化。

由表 4 得知試驗地二氧化碳通量平均值為 $-0.981 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ，各月份平均二氧化碳通量值略有不同，僅 2012 年四月、2013 年二月及三月為碳排放，其餘月份為碳吸存，以五月至九月吸存量較高，推測降雨可能為影響本試驗地造林木固碳的重要因子。

表 4 屏東試驗地 2012 年四月至 2013 年三月之二氧化碳通量值。

月份	平均值 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	平均碳吸存量 (kg/ha day)	雨量 (mm)
四月	0.383	-14.54	178
五月	-1.809	68.78	313
六月	-1.445	54.94	1427.5
七月	-1.719	65.35	168
八月	-2.590	98.48	763.5
九月	-2.122	80.68	160.5
十月	-1.130	42.96	4.5
十一月	-0.292	11.08	43.5
十二月	-1.075	40.86	33
一月	-0.475	18.05	0
二月	0.110	-4.20	0
三月	0.395	-15.03	7.5
總平均值	-0.981	37.28	-

植物體透過光合作用吸收大氣中二氧化碳，而淨光合作用受許多環境因子影響，其中太陽輻射量為光合作用最主要的能量來源，而植物體周遭的溫度會影響呼吸作用，使淨光合作用值變動，植物體蒸散作用與水分利用息息相關，也影響光合作用速率，因此利用能量守恆定律，太陽輻射到達地表的淨輻射量(R_n)是所有表面能量來源：部分能量提供地表熱能，稱作可感熱通量(H_s)，會影響地表周圍的溫度；部分則成為水氣蒸發散的能量，形成潛熱通量(LE)；其他由土壤吸收變成土壤熱通量(G)。

$$R_n = H_s + LE + G$$

若等式兩側數值相差太大($H_s + LE + G \geq 1.2 * R_n$)，則表示儀器觀測值錯誤，該時間點之二氧化碳通量值也為錯誤數值，搭配公式可將大部分錯誤值去除。

表 5 2012 至 2013 年屏東試驗地各月份可感熱通量(H_s)、潛熱通量(LE)、土壤熱通量(G)及淨輻射量(R_n)之平均值、最小值及最大值

月份	項目	平均值	最小值	最大值
四月	$H_s(W/m^2)$	48.113	-136.338	592.623
	$LE(W/m^2)$	58.618	-386.871	864.687
	$G(W/m^2)$	-0.431	-28.560	43.100
	$R_n(W/m^2)$	161.193	-80.022	1266.639
五月	$H_s(W/m^2)$	13.378	-132.422	248.350
	$LE(W/m^2)$	115.372	-690.512	798.390
	$G(W/m^2)$	-1.729	-27.090	19.870
	$R_n(W/m^2)$	179.597	-71.333	1101.448
六月	$H_s(W/m^2)$	-14.685	-592.918	367.210
	$LE(W/m^2)$	146.144	-1449.497	1824.174
	$G(W/m^2)$	0.799	-18.740	52.070
	$R_n(W/m^2)$	158.687	-81.867	1178.588
七月	$H_s(W/m^2)$	23.438	-124.449	377.683
	$LE(W/m^2)$	107.094	-390.958	911.756
	$G(W/m^2)$	0.232	-25.020	46.780
	$R_n(W/m^2)$	187.693	-71.046	1182.287
八月	$H_s(W/m^2)$	-16.189	-383.821	563.316
	$LE(W/m^2)$	103.728	-1298.131	1553.531
	$G(W/m^2)$	-1.022	-27.490	19.540
	$R_n(W/m^2)$	136.261	-64.117	1091.593
九月	$H_s(W/m^2)$	1.242	-78.711	192.464
	$LE(W/m^2)$	121.070	-69.362	880.113
	$G(W/m^2)$	-0.798	-14.000	20.380
	$R_n(W/m^2)$	172.688	-75.399	1100.380
十月	$H_s(W/m^2)$	13.860	-60.124	342.443
	$LE(W/m^2)$	62.404	-269.685	526.483
	$G(W/m^2)$	-1.978	-12.640	35.300
	$R_n(W/m^2)$	126.773	-79.776	952.233
十一月	$H_s(W/m^2)$	22.721	-67.186	402.451
	$LE(W/m^2)$	43.718	-296.550	397.068
	$G(W/m^2)$	-2.321	-14.240	29.390
	$R_n(W/m^2)$	111.918	-76.713	894.922
十二月	$H_s(W/m^2)$	19.989	-69.650	258.637

	LE(W/m ²)	41.640	-103.265	399.386
	G (W/m ²)	-4.700	-18.690	14.520
	R _n (W/m ²)	96.605	-86.613	785.265
一月	H _s (W/m ²)	38.944	-79.124	423.619
	LE(W/m ²)	24.791	-243.424	454.630
	G (W/m ²)	-2.340	-15.460	24.300
	R _n (W/m ²)	104.866	-95.774	770.337
二月	H _s (W/m ²)	63.016	-71.193	472.098
	LE(W/m ²)	7.157	-272.697	315.669
	G (W/m ²)	0.768	-12.010	29.610
	R _n (W/m ²)	135.044	-81.012	868.738
三月	H _s (W/m ²)	66.921	-86.308	570.752
	LE(W/m ²)	14.581	-376.974	411.462
	G (W/m ²)	0.251	-29.230	39.660
	R _n (W/m ²)	142.999	-110.587	934.830

分析屏東試驗地之可感熱通量 Sensible heat flux (W/m²)、潛熱 Latent heat flux (W/m²)、土壤熱通量 Soil heat flux (W/m²)及地表淨輻射量數值。地表淨輻射值 (R_n)逐月增加，於白天日照強烈時可出現最大正值，而夜晚則出現負值，表示地表能量散失；屏東試驗站 2012 年四月至 2013 年三月可感熱通量最大值為四月份的 592.623 W/m²；潛熱通量平均值從四月份逐月增加至六月份的 146.144 W/m²，於白天日照強烈時出現最大正值，而夜晚空氣溼度較大時潛熱通量值則會出現負值(表 5)。

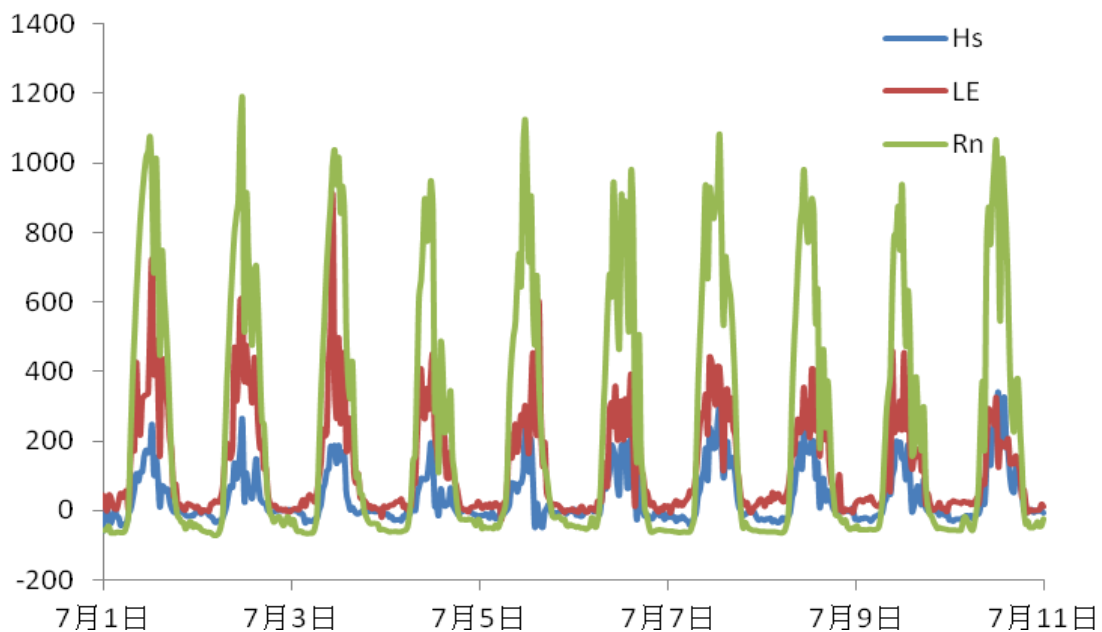


圖 5 屏東地區各項通量整合圖(以 2012 年 7 月 1~10 日為例)

植物體光合作用速率受生育地因子影響，隨季節轉換太陽輻射增強，各月份月均溫自 1 月的 18.8°C 上升至 7 月達最高月均溫 27.8°C，最高溫出現在 6 月為 35.9 °C，最低溫為 1 月的 8.8°C，土溫增加的趨勢與氣溫相似但變化較平緩，相對溼度平均值則是在 8 月最高(表 6)；基本微氣候資料顯示氣溫、土溫、空氣相對溼度有日週期性變化資料(圖 8)，可用於初步判斷各項儀器正常運作，並作為運算時校正的基礎，而雨量資料顯示本試驗地有明顯乾濕季，雨季大約在五月底開始，十月結束，乾季長達七個月(圖 6)，土壤含水率的變化則隨雨量變化有相同趨勢，2009 年 8 月雨量高峰為莫拉克颱風期間，2010 年 9 月高峰為凡那比颱風期間。

試驗地造林時間最長之區塊僅有 11 年林齡，從冠幅及栽植密度評估仍屬未鬱閉林分，長期監測二氧化碳通量可進一步了解鬱閉成林過程平地造林地對二氧化碳固定量的變化。本研究監測時間尚短，但初步所得資料，仍可做為台灣平地造林地二氧化碳通量之代表樣本。

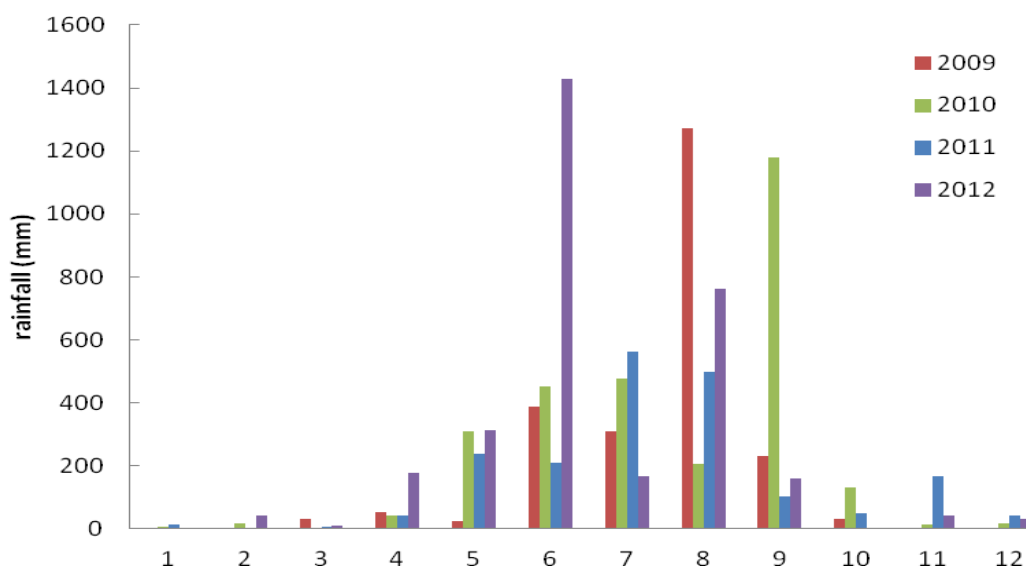


圖 6 屏東地區 2009-2011 年月雨量變化

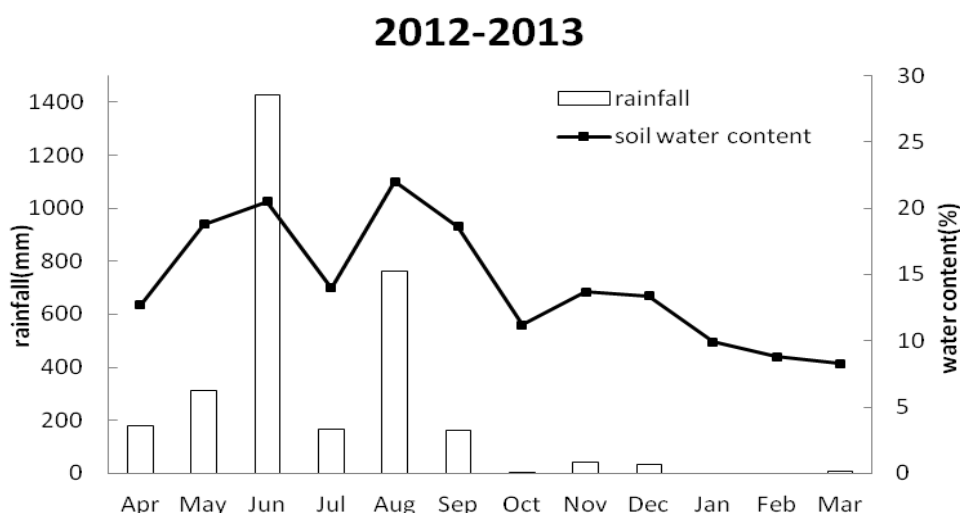


圖 7 屏東地區 2012 年雨量及土壤含水率變化

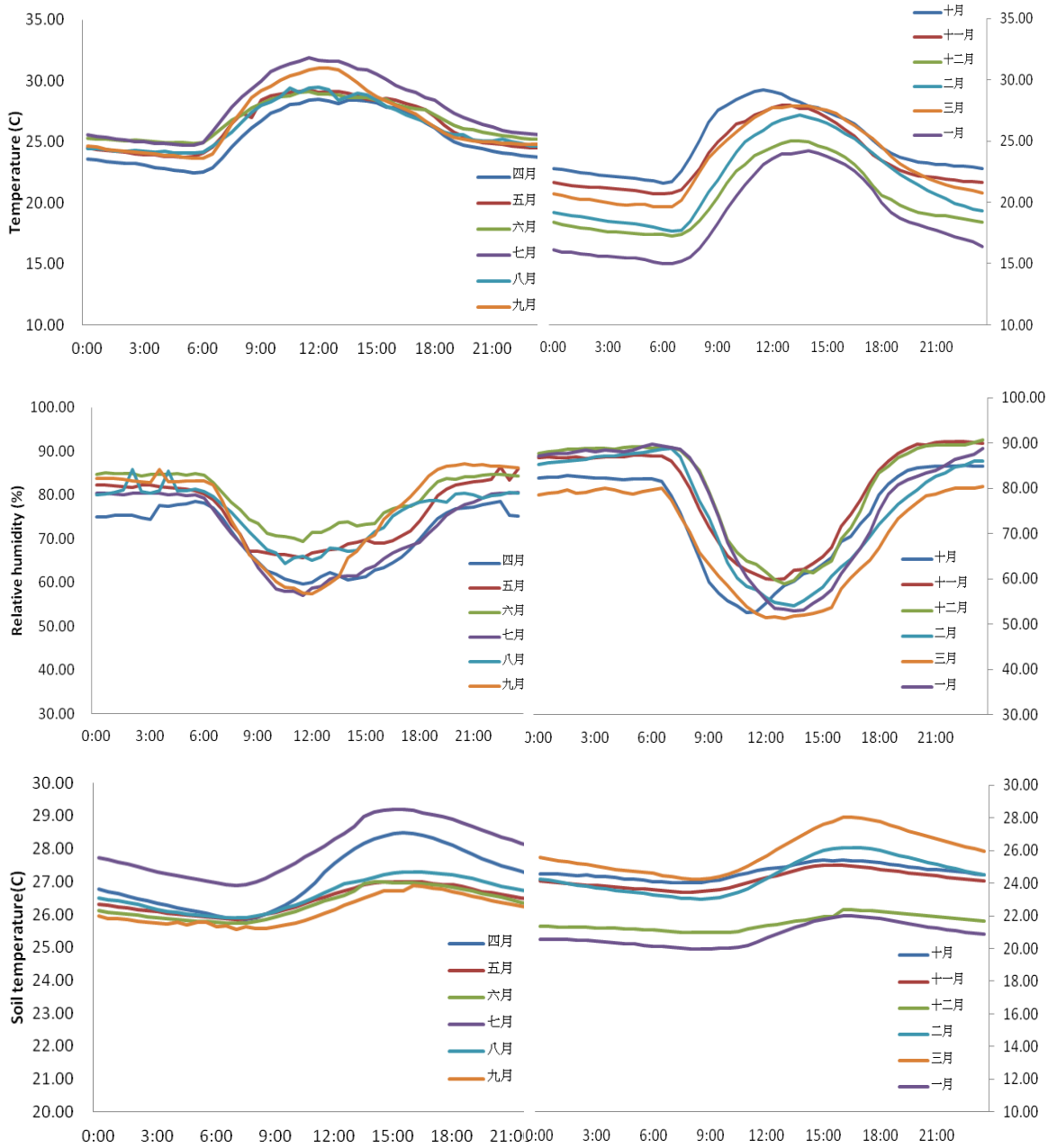


圖 8 屏東觀測站 2012 年四月至 2013 年三月之微氣候資料

表 6 屏東觀測站 2012 年四月至 2013 年三月之氣溫、土溫及相對溼度之變化

月份	項目	平均值	最大值	最小值
四月	氣溫(°C)	25.363	34.1	19.4
	土溫(°C)	27.089	33.5	23.3
	相對溼度(%)	76.019	93.2	37.8
五月	氣溫(°C)	26.263	34	21.4
	土溫(°C)	26.432	28.2	24.7
	相對溼度(%)	81.242	94.2	44.7
六月	氣溫(°C)	26.779	35.8	23.2
	土溫(°C)	26.312	29.4	24.3
	相對溼度(%)	84.154	95.4	40.1
七月	氣溫(°C)	27.767	35.9	23.2
	土溫(°C)	27.953	31.3	25.8
	相對溼度(%)	77.393	94.9	47.4
八月	氣溫(°C)	26.194	33.0	22.1
	土溫(°C)	26.562	28.0	25.2
	相對溼度(%)	85.177	95.5	54.2
九月	氣溫(°C)	26.520	33.9	21.4
	土溫(°C)	26.080	27.6	24.8
	相對溼度(%)	81.25	95.4	49.9
十月	氣溫(°C)	24.683	31.9	18.7
	土溫(°C)	24.783	27.4	23.1
	相對溼度(%)	78.427	94.9	41.5
十一月	氣溫(°C)	23.518	32.4	18.3
	土溫(°C)	24.212	27.1	22.6
	相對溼度(%)	81.029	95.9	42.3
十二月	氣溫(°C)	19.921	29.9	10.3
	土溫(°C)	21.575	24.9	18.0
	相對溼度(%)	82.346	96.1	39.9
一月	氣溫(°C)	18.790	29.0	8.8
	土溫(°C)	20.868	24.2	17.8
	相對溼度(%)	77.411	96.2	26.3
二月	氣溫(°C)	21.764	31.3	13.7
	土溫(°C)	24.469	28.7	20.7
	相對溼度(%)	75.323	96.2	32.9
三月	氣溫(°C)	23.120	32.9	14.8
	土溫(°C)	26.072	31.9	20.7
	相對溼度(%)	71.441	95.5	24.3

四、結論

1. 目前樣區已進行3次每木調查，通量塔監測範圍內共計12種造林樹種，合計調查樣木約1,400餘株，試驗地經歷2009年莫拉克及2010年凡那比颱風侵襲後風倒、風折情況嚴重，另2009年11月至2010年5月試驗地幾乎沒有降雨，有明顯乾季。樣區內樣木胸徑平均一年可增加0.6~2.5 cm，樣區內最大樹高已超過14 m。
2. 試驗地的平均垂直風速相當小，平均值為0.001，因此可發現試驗地處於穩定狀態，符合實驗的假設，而平均風速為0.796 m/s。風向主要以東風為主，由地圖判斷屬山風，且穩定地在夜間發生。試驗地基本氣象數據與預期結果十分符合；風速風向的基本條件，亦適合本套裝儀器進行監測。
3. 本試驗地各月份CO₂濃度值雖不相同，但大致上於夜間上升，並在白天逐漸下降，於中午或午後達最低濃度，僅乾季時此趨勢較不明顯，由表4可知大氣平均二氧化碳濃度為373.51 ppm，試驗地二氧化碳濃度自2008年至2011年均逐年增加的趨勢，但在2012年首度呈現下降趨勢，而2012年固碳量也較歷年高，推測可能為造林木成長使周遭二氧化碳濃度降低，但仍須進一步研究。每日二氧化碳濃度變化幅度平均為76.17 ppm，期間二氧化碳濃度平均變化量以一月的37.17 ppm 最低，六月的162.36 ppm最高。
4. 從二氧化碳通量的日夜週期變化，就所得數據換算成二氧化碳固定量，以2012年全年為例平均每天每公頃林地可以從空氣中固定約48.23 kg的二氧化碳，樣區160 公頃一天可固碳7.74公噸，換算全造林面積290.66公頃，則每年約可固定5116.76公噸之二氧化碳。此雖僅為粗估，但仍具有參考價值，預期在資料繼續累積後將日趨精準。
5. 分析屏東試驗地之可感熱通量、潛熱、土壤熱通量及地表淨輻射量數值。地表淨輻射值受日照影響而變化，於白天日照強烈時可出現最大正值，而夜晚則出現負值，表示地表能量散失；屏東試驗站白天日照強烈時可感熱通量最大值可達592.623 W/m²，而夜晚逆溫現象發生時有最小值；潛熱通量平均值逐月增加至六月份的146.144 W/m²，於白天日照強烈時出現最大正值，而夜晚空氣溼度較大時潛熱通量值則會出現負值。
6. 植物體光合固碳速率受生育地因子影響，隨季節轉換太陽輻射增強，月均溫逐月上升，而土溫也隨之漸增，相對溼度平均值則與降雨相關；基本微氣候資料顯示氣溫、土溫、空氣相對溼度有日週期性變化資料，除了可用於初步判斷各項儀器正常運作，並作為運算時校正的基礎外，尚可了解成林期間之林木對試驗地微氣候變化之影響，以及各項微環境因子對林木生長之影響。

7. 試驗地造林時間最長之區塊僅有11年林齡，從冠幅及栽植密度評估部分區域仍屬未鬱閉林分，長期監測二氧化碳通量可進一步了解鬱閉成林過程平地造林地對二氧化碳固定量的變化。本研究監測時間尚短，但所得資料，仍可做為台灣平地造林地二氧化碳通量之參考。

五、參考文獻

- 宋霞、於貴瑞、劉允芬、任傳友、溫學發 (2004) 開路與閉路渦度相關系統通量觀測比較研究。中國科學 D輯34(增刊II) 67-76。
- 宋霞、劉允芬、徐小鋒 (2003) 箱法和渦度相關法測碳通量的比較研究。江西科學 21(3) 207-210。
- 夏禹九、謝正義、張世杰、林佩蓉、賴正偉(2005) 二氧化碳通量測站設置相關成果及未來努力方向。環境資料庫暨空氣品質監測系統建置成果發表會。
- 賴玫君 (2007) 以通量變化法估計地表之可感熱、潛熱、以及二氧化碳通量。國立臺灣大學生物資源暨農學院生物環境系統工程學系碩士論文。
- Desjardins R. L., M. Mauder, E. Pattey and D. Worth (2008) Improvements in measuring carbon dioxide flux using the eddy covariance technique. Proceedings of the international symposium on CO₂ flux monitoring technology. p.1-24.
- Guan, D. X., J. B. Wu, X. S. Zhao, S. J. Han, G. R. Yu, X. M. Sun, C. J. Jin(2006) CO₂ fluxes over an old, temperate mixed forest in north-eastern China. Agric. Forest Meteorol 137:138–149.
- Jung M., M. Reichstein, P. Ciais, S. I. Seneviratne, J. Sheffield, M. L. Goulden, G. Bonan, A. Cescatti, J. Chen, R. Jeu, A. J. Dolman, W. Eugster, D. Gerten, D. Gianelle, N. Gobron, J. Heinke, J. Kimball, B. E. Law, L. Montagnani, Q. Mu, B. Mueller, K. Oleson, D. Papale, A. D. Richardson, O. Roupsard, S. Running, E. Tomelleri, N. Viovy, U. Weber, C. Williams, E. Wood, S. Zaehle and K. Zhang (2010) Recent decline in the global land evapotranspiration trend due to limited moisture supply. Nature doi:10.1038/nature09396.
- Klemm, O., S. C. Chang, Y. J. Hsia. (2006) Energy Fluxes at a subtropical mountain cloud forest. Forest Ecology and Management 224:5-10.
- Sun, X. M., Z. L. Zhu, X. F. Wen, G. F. Yuan, G. R. Yu (2006) The impact of averaging period on eddy fluxes observed at China-FLUX sites. Agric. Forest Meteorol. 137:188–193.
- Tsai J. L., B. J. Tsuang and C. Y. Tu (2008) Characteristics of CO₂ flux over different land types in Taiwan and future field experiment plan of TTFRI. Proceedings of the international symposium on CO₂ flux monitoring technology. p.25-34.
- Wang W. and K. J. Davis (2008) A numerical study of the influence of a clearcut on eddy-covariance fluxes of CO₂ measured above a forest. Agricultural and forest meteorology 148:1488-1500.
- Yu, G. R., X. F. Wen, B. D. Tanner, X. M. Sun, X. H. Lee, J. Y. Chen (2006) Overview of ChinaFLUX and evaluation of its eddy covariance measurement. Agric. Forest Meteorol. 137:125–137.

附錄一 觀測站周圍造林樹種、樹高、冠幅、胸高直徑基本資料

地號	樹種	樹高(公尺) 平均值±SD	冠幅(公尺) 平均值±SD	枝下高(公尺) 平均值±SD	胸徑(公分) 平均值±SD
2 號 地	檫	3.33 ± 1.17	2.34 ± 0.79	0.98 ± 0.44	3.07 ± 1.60
	茄苳	3.73 ± 0.65	2.47 ± 0.66	1.30 ± 0.24	6.65 ± 2.84
	印度紫檀	5.22 ± 1.18	3.90 ± 1.68	0.88 ± 0.44	8.60 ± 3.23
	楓香	3.79 ± 1.11	1.93 ± 0.59	1.21 ± 0.39	4.19 ± 2.01
3 號 地	欖仁樹	5.27 ± 1.20	3.81 ± 0.96	2.02 ± 0.46	7.58 ± 2.23
	苦楝	2.90 ± 0.14	0.40 ± 0.35	2.20 ± 0.28	2.25 ± 0.35
	桃花心木	5.52 ± 1.44	1.36 ± 0.41	2.29 ± 0.44	6.02 ± 0.51
4 號 地	光蠟樹	3.84 ± 1.24	2.23 ± 0.63	1.40 ± 0.47	5.05 ± 2.41
	印度紫檀	6.52 ± 1.10	3.01 ± 1.51	2.25 ± 0.43	8.81 ± 2.31
5 號 地	台灣檫	3.16 ± 1.05	2.24 ± 1.06	1.09 ± 1.07	3.48 ± 0.39
	印度紫檀	4.35 ± 1.34	3.11 ± 1.41	1.42 ± 0.46	7.39 ± 3.11
	土肉桂	4.01 ± 1.36	2.26 ± 0.71	1.18 ± 0.48	6.44 ± 3.17
	桃花心木	4.17 ± 1.66	1.26 ± 0.56	2.00 ± 0.74	4.79 ± 2.54
	無患子	3.60 ± 0.84	1.38 ± 0.68	1.45 ± 0.61	4.45 ± 1.84
7 號 地	印度紫檀	7.19 ± 1.46	3.26 ± 1.05	2.56 ± 0.50	9.65 ± 3.30
	苦楝	5.74 ± 1.44	2.62 ± 1.00	2.23 ± 0.55	6.57 ± 2.61

附錄一 觀測站周圍造林樹種、樹高、冠幅、胸高直徑基本資料(續)

地號	樹種	樹高(公尺) 平均值	冠幅(公尺) 平均值	枝下高(公尺) 平均值	胸徑(公分) 平均值
8 號 地	水黃皮	2.74 ± 0.96	1.87 ± 1.03	1.23 ± 0.55	5.56 ± 2.49
	台灣檫	3.73 ± 1.17	2.45 ± 1.06	1.47 ± 0.43	4.97 ± 2.18
	光蠟樹	3.46 ± 1.29	2.02 ± 1.29	1.29 ± 0.86	4.02 ± 1.90
	印度紫檀	5.40 ± 3.64	2.58 ± 0.89	1.85 ± 0.60	7.19 ± 2.28
	苦楝	4.30 ± 1.42	2.38 ± 1.00	1.52 ± 0.53	5.99 ± 2.71
	茄苳	3.62 ± 0.79	2.92 ± 1.08	1.59 ± 0.74	8.70 ± 3.14
	桃花心木	5.38 ± 2.01	1.87 ± 0.65	1.66 ± 0.96	6.86 ± 3.02
	無患子	2.99 ± 0.84	1.21 ± 0.57	1.32 ± 0.51	3.27 ± 1.28
	瓊崖海棠	1.88 ± 0.63	1.03 ± 0.35	0.53 ± 0.42	2.51 ± 1.29
9 號 地	印度紫檀	5.75 ± 1.47	2.93 ± 1.02	2.00 ± 0.66	8.67 ± 3.30
	波斯皂莢	6.05 ± 1.69	2.85 ± 1.04	1.92 ± 1.20	7.23 ± 2.96
	苦楝	9.29 ± 1.92	3.45 ± 1.06	2.43 ± 0.83	11.42 ± 4.08
	桃花心木	8.47 ± 2.42	2.13 ± 0.62	2.44 ± 0.76	9.17 ± 2.77
	無患子	3.28 ± 0.89	0.61 ± 0.32	1.43 ± 0.59	2.53 ± 0.83
	台灣檫	4.47 ± 3.26	2.81 ± 1.07	1.40 ± 1.04	5.79 ± 0.59
	欖仁樹	5.91 ± 1.69	3.64 ± 1.40	2.08 ± 0.73	9.14 ± 3.01
10 號 地	光蠟樹	2.75 ± 0.91	1.66 ± 0.51	1.09 ± 0.25	3.09 ± 1.12
	無患子	4.28 ± 0.74	1.94 ± 1.72	1.60 ± 1.34	5.12 ± 1.55
	台灣檫	4.10 ± 1.22	2.11 ± 0.85	1.39 ± 1.21	4.95 ± 2.06
11 號 地	台灣檫	3.93 ± 1.20	2.63 ± 0.98	0.96 ± 0.51	4.16 ± 1.95
	印度紫檀	4.84 ± 1.69	2.70 ± 1.18	1.08 ± 0.45	5.87 ± 2.71
	苦楝	4.55 ± 1.14	1.90 ± 0.72	2.36 ± 0.54	6.13 ± 3.09
	無患子	2.84 ± 1.55	1.76 ± 1.38	1.01 ± 0.28	2.68 ± 1.60
	欖仁樹	6.55 ± 1.56	4.25 ± 1.08	1.97 ± 0.46	10.05 ± 2.56

附錄二 屏東觀測站 2012-2013 年各月份風向平均風速基本資料

方位	角度範圍(度)	平均風速(m/s)											
		Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
N	348.75-11.25	1.46	2.32	3.43	1.70	2.76	2.28	1.95	1.54	1.39	1.42	1.39	1.42
NNE	11.25-33.75	1.57	1.53	3.22	1.75	3.16	2.06	1.87	1.41	1.37	1.44	1.41	1.55
NE	33.75-56.25	1.40	1.59	2.33	1.48	2.47	1.65	1.76	1.38	1.48	1.35	1.49	1.24
NEE	56.25-78.75	1.78	2.15	2.09	1.78	2.32	1.85	1.97	1.65	1.82	1.32	1.87	1.65
E	78.75-101.25	2.58	2.70	2.80	2.62	2.83	2.70	2.65	2.45	2.46	2.63	2.37	2.67
SEE	101.25-123.75	1.78	1.66	1.62	1.73	2.13	1.76	1.58	1.68	1.64	1.73	1.57	1.55
SE	123.75-146.25	1.42	1.42	1.99	1.51	1.86	1.35	1.07	1.23	1.30	1.17	1.28	1.60
SSE	146.25-168.75	1.55	2.02	2.04	1.66	2.15	1.44	1.16	1.22	1.29	1.34	1.29	1.34
S	168.75-191.25	1.74	4.08	3.25	2.15	2.46	2.17	2.05	1.48	1.36	1.47	1.72	1.69
SSW	191.25-213.75	2.84	2.82	3.45	3.19	2.45	2.72	2.44	2.33	2.14	2.35	2.52	2.90
SW	213.75-236.25	2.85	2.58	2.74	2.47	2.42	2.12	2.26	2.31	2.06	2.43	2.51	2.61
SWW	236.25-258.75	2.25	2.25	2.65	2.14	2.38	1.67	1.94	1.96	1.84	2.16	2.44	2.64
W	258.75-281.25	2.84	2.30	2.09	2.13	1.90	1.47	1.60	1.65	1.68	1.87	2.04	2.62
NWW	281.25-303.75	2.46	2.51	1.67	3.03	4.24	1.36	1.49	1.62	1.45	1.92	1.92	2.47
NW	303.75-326.25	2.18	2.34	1.86	2.41	3.40	1.33	1.27	1.46	1.58	1.58	1.80	2.13
NNW	326.25-348.75	1.94	1.70	1.64	1.70	3.75	1.68	1.26	1.54	1.51	1.52	1.40	1.68

附錄三 屏東試驗地 2012 年一至十月大氣二氧化碳濃度日平均值

時間	大氣二氧化碳濃度(ppm)											
	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
00:00	371.48	377.42	390.90	369.53	385.91	385.13	336.00	385.23	390.92	399.87	379.19	391.80
00:30	372.04	381.07	396.06	375.79	379.06	385.76	336.31	384.28	388.56	398.69	379.61	391.92
01:00	372.09	387.32	392.39	371.66	391.95	385.18	336.65	381.07	390.18	397.85	378.60	392.84
01:30	372.72	381.02	391.50	375.90	413.37	384.72	337.49	379.07	391.15	398.27	377.75	401.84
02:00	372.10	380.55	389.98	379.59	392.49	385.54	337.01	383.85	391.34	398.59	376.41	397.14
02:30	371.39	382.46	368.51	377.84	373.79	393.47	336.83	377.74	392.46	397.95	375.89	392.33
03:00	371.67	380.56	388.27	383.74	378.00	386.16	335.85	378.06	393.15	397.29	375.86	391.87
03:30	371.01	380.56	385.90	369.33	377.41	385.46	336.69	381.69	392.45	397.46	376.38	395.50
04:00	372.18	378.88	378.53	371.47	378.86	384.89	335.38	379.29	389.93	396.79	377.90	397.59
04:30	382.45	379.81	384.92	373.23	387.96	382.29	335.32	381.77	389.22	395.50	377.78	395.52
05:00	386.15	381.54	380.01	371.28	388.91	383.42	335.24	380.76	387.29	397.26	376.74	394.11
05:30	384.42	377.31	402.30	368.44	394.72	383.86	335.45	382.46	387.80	400.32	374.97	394.67
06:00	382.26	374.30	388.82	368.17	409.27	383.74	336.61	380.81	388.03	396.84	373.10	394.99
06:30	387.58	374.20	381.58	369.11	388.92	383.93	335.36	379.41	389.41	396.39	372.07	396.06
07:00	386.38	369.95	378.94	362.89	375.13	380.14	330.88	378.36	389.39	394.40	374.12	398.26
07:30	378.94	364.38	363.84	366.65	379.21	374.23	326.76	377.74	393.00	396.06	380.77	400.33
08:00	371.04	354.50	368.02	365.93	366.34	369.06	321.79	374.46	393.92	402.33	387.54	397.91
08:30	371.22	354.39	356.57	353.36	354.63	365.53	316.64	370.89	387.56	404.73	386.70	399.20
09:00	365.72	359.70	371.28	350.50	358.53	367.54	312.42	367.67	388.64	402.59	386.57	395.37
09:30	365.71	360.27	368.15	348.12	366.00	361.61	311.61	366.06	394.15	402.30	387.32	397.66
10:00	364.62	356.30	371.30	348.13	360.55	361.74	311.84	363.36	386.90	400.76	387.16	398.16
10:30	361.89	357.43	356.30	347.46	356.71	360.01	311.26	361.82	384.52	399.05	386.04	395.14
11:00	363.45	356.08	368.87	348.05	372.29	358.58	310.59	362.98	382.43	396.86	384.97	393.71
11:30	363.82	356.29	360.34	347.32	358.01	358.06	309.24	362.34	382.36	399.39	385.27	397.16
12:00	360.50	356.73	374.09	348.83	355.24	358.29	308.91	365.80	383.61	396.24	385.98	393.06
12:30	363.00	356.55	371.78	354.64	352.72	358.28	310.01	362.12	379.34	395.68	385.96	390.38
13:00	364.55	357.00	369.06	355.95	364.89	357.99	313.48	360.35	378.52	395.99	386.03	393.22
13:30	360.44	364.37	384.26	353.09	360.97	358.78	325.75	366.64	379.63	395.17	386.41	392.60
14:00	357.31	369.11	382.03	346.99	361.41	359.94	309.95	361.58	380.41	395.29	385.97	393.33
14:30	362.42	360.58	383.95	349.67	361.51	368.86	314.03	361.54	381.64	396.07	385.42	392.36
15:00	360.52	362.04	380.02	346.33	363.04	363.53	320.16	359.61	381.71	396.00	383.52	390.64
15:30	360.03	368.95	375.27	349.98	365.80	365.97	311.91	358.18	379.94	396.55	382.60	391.07
16:00	362.44	359.86	375.58	362.85	368.87	368.66	309.87	357.46	382.83	396.01	383.02	388.58
16:30	362.01	357.09	382.09	360.42	370.69	369.72	312.24	357.62	382.48	395.47	381.25	388.59

17:00	365.42	358.10	363.65	357.83	370.29	360.89	311.35	357.33	386.91	394.19	379.81	388.03
17:30	362.02	356.89	376.75	353.17	379.37	369.17	312.00	357.48	382.95	393.06	377.73	386.43
18:00	356.50	351.06	377.58	350.08	363.51	377.34	322.21	358.73	381.58	393.68	375.77	388.14
18:30	357.48	355.35	366.82	354.47	357.48	376.07	318.37	362.30	381.04	394.74	375.06	387.53
19:00	359.21	363.64	365.21	362.07	372.35	367.51	328.80	364.36	382.20	395.68	375.68	386.95
19:30	361.72	358.55	377.95	357.50	374.26	371.85	319.30	365.72	383.33	396.84	376.34	386.85
20:00	364.54	363.22	372.71	361.90	391.74	377.37	322.24	368.74	384.95	397.41	377.64	386.98
20:30	364.44	367.14	372.15	360.61	391.26	375.74	323.48	370.71	384.23	398.17	377.33	388.49
21:00	364.12	370.27	384.59	366.57	382.05	377.40	328.72	386.72	387.52	398.93	377.10	388.64
21:30	367.63	378.10	376.49	373.94	378.44	379.30	328.40	373.70	386.14	399.32	377.04	390.20
22:00	368.64	377.49	405.47	375.22	379.40	382.94	330.18	375.09	386.71	399.81	378.38	391.13
22:30	371.00	376.29	401.90	370.29	380.01	380.80	331.12	377.82	386.49	400.15	378.14	391.90
23:00	369.35	382.99	380.14	371.07	385.15	382.70	334.71	378.04	387.95	399.69	377.87	392.56
23:30	368.77	378.45	393.88	375.98	374.39	384.09	337.82	378.10	389.39	401.38	378.14	392.86
平均	368.26	367.84	378.68	362.14	374.85	373.82	324.05	370.98	386.38	397.69	380.14	392.95

附錄四 屏東試驗地 2012-2013 年各月份微氣候基礎資料

時間	屏東試驗地氣溫 (°C)											
	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
00:00	23.59	24.48	25.27	25.55	24.47	24.62	22.76	21.62	18.36	16.09	19.17	20.71
00:30	23.53	24.38	25.18	25.42	24.40	24.54	22.65	21.46	18.16	15.95	19.01	20.55
01:00	23.37	24.31	25.22	25.34	24.39	24.39	22.54	21.38	18.03	15.90	18.92	20.37
01:30	23.29	24.20	25.15	25.24	24.23	24.26	22.41	21.32	17.91	15.79	18.82	20.21
02:00	23.20	24.13	25.11	25.15	24.19	24.19	22.34	21.25	17.82	15.71	18.71	20.23
02:30	23.20	24.03	25.13	25.02	24.26	24.17	22.24	21.25	17.71	15.60	18.59	20.08
03:00	23.10	23.92	25.06	24.97	24.23	24.08	22.17	21.15	17.61	15.58	18.41	19.97
03:30	22.88	23.91	25.01	24.89	24.13	23.99	22.10	21.08	17.58	15.51	18.37	19.83
04:00	22.81	23.81	24.94	24.86	24.19	23.89	22.01	21.01	17.53	15.45	18.34	19.79
04:30	22.69	23.77	24.92	24.76	24.11	23.83	21.95	20.95	17.45	15.46	18.24	19.85
05:00	22.59	23.73	24.91	24.75	24.06	23.73	21.82	20.81	17.39	15.31	18.12	19.85
05:30	22.44	23.82	24.86	24.71	24.05	23.68	21.73	20.71	17.36	15.12	18.01	19.64
06:00	22.51	24.07	24.96	24.90	24.16	23.66	21.56	20.72	17.39	15.01	17.80	19.63
06:30	22.88	24.60	25.49	25.85	24.64	23.99	21.70	20.78	17.26	15.01	17.65	19.62
07:00	23.62	25.45	26.13	26.87	25.25	25.13	22.56	21.03	17.35	15.20	17.72	20.20
07:30	24.56	26.49	26.78	27.81	25.78	26.52	23.70	21.79	17.79	15.49	18.43	21.22
08:00	25.45	27.38	27.21	28.71	26.60	27.58	25.09	22.78	18.51	16.24	19.62	22.49
08:30	26.16	26.96	27.75	29.34	27.44	28.61	26.52	24.00	19.39	17.17	20.83	23.59
09:00	26.72	28.38	28.14	29.95	28.02	29.17	27.53	24.94	20.45	18.34	21.84	24.42
09:30	27.31	28.75	28.51	30.73	28.30	29.56	27.91	25.62	21.56	19.42	22.97	25.09
10:00	27.62	28.89	28.69	31.08	28.71	30.05	28.37	26.39	22.55	20.47	24.10	25.73
10:30	28.04	29.08	28.79	31.37	29.44	30.42	28.73	26.61	23.10	21.42	24.94	26.35
11:00	28.15	29.09	29.04	31.61	29.08	30.63	29.07	27.09	23.81	22.31	25.45	26.94
11:30	28.43	29.29	29.09	31.85	29.39	30.89	29.16	27.41	24.12	23.10	25.86	27.35
12:00	28.46	29.04	28.91	31.67	29.51	31.05	29.02	27.72	24.49	23.53	26.40	27.70
12:30	28.36	29.12	28.90	31.61	29.26	31.01	28.87	27.91	24.82	23.93	26.76	27.74
13:00	28.12	29.10	28.85	31.59	28.42	30.87	28.46	27.89	24.98	23.94	26.94	27.88
13:30	28.38	28.96	28.65	31.35	28.68	30.42	28.21	27.66	24.98	24.07	27.10	27.84
14:00	28.42	28.74	28.62	30.96	29.01	29.81	27.84	27.62	24.97	24.18	26.94	27.84
14:30	28.30	28.47	28.61	30.86	28.86	29.19	27.71	27.30	24.62	23.99	26.73	27.64
15:00	28.23	28.44	28.43	30.54	28.41	28.67	27.39	26.92	24.43	23.76	26.44	27.52
15:30	27.85	28.56	28.46	30.14	27.89	28.33	27.05	26.46	24.10	23.39	26.05	27.25
16:00	27.78	28.41	28.04	29.64	27.63	27.98	26.77	25.92	23.67	23.07	25.62	26.73
16:30	27.46	28.14	27.86	29.27	27.20	27.66	26.39	25.42	23.11	22.53	25.18	26.26

17:00	27.05	27.91	27.72	29.04	26.91	27.28	25.77	24.67	22.36	21.90	24.63	25.74
17:30	26.57	27.62	27.63	28.65	26.62	26.71	25.10	23.90	21.37	21.00	24.04	25.21
18:00	26.13	27.07	27.22	28.39	26.21	26.20	24.45	23.38	20.58	19.98	23.39	24.51
18:30	25.53	26.32	26.78	27.85	25.81	25.71	24.00	23.01	20.25	19.20	22.83	23.73
19:00	25.02	25.76	26.35	27.32	25.58	25.36	23.67	22.61	19.79	18.70	22.31	23.17
19:30	24.74	25.41	26.10	26.97	25.56	25.20	23.45	22.34	19.46	18.38	21.85	22.69
20:00	24.58	25.16	25.98	26.74	25.14	25.08	23.30	22.13	19.17	18.19	21.42	22.33
20:30	24.43	24.94	25.81	26.41	25.09	24.99	23.21	22.11	19.01	17.92	20.99	21.96
21:00	24.25	24.84	25.64	26.18	25.08	24.98	23.10	22.03	18.92	17.74	20.60	21.69
21:30	24.11	24.78	25.51	25.93	25.18	24.89	23.07	21.91	18.89	17.48	20.29	21.44
22:00	24.00	24.63	25.41	25.81	25.03	24.85	22.98	21.85	18.78	17.15	19.93	21.26
22:30	23.85	24.58	25.30	25.68	24.89	24.80	22.93	21.70	18.66	16.97	19.70	21.09
23:00	23.83	24.52	25.21	25.62	24.67	24.78	22.90	21.67	18.53	16.78	19.47	20.95
23:30	23.74	24.48	25.20	25.60	24.63	24.77	22.77	21.61	18.37	16.39	19.33	20.79

時間	屏東試驗地相對溼度 (%)											
	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
00:00	75.01	82.36	84.74	80.34	80.06	83.79	82.37	86.75	87.70	87.11	85.32	78.58
00:30	74.99	82.29	85.16	80.38	80.28	83.79	82.42	86.97	88.06	87.59	85.62	78.94
01:00	75.35	82.09	84.82	80.22	80.62	83.84	82.47	86.75	88.22	87.67	85.77	79.16
01:30	75.30	81.91	84.88	80.04	81.09	83.57	82.75	86.83	88.69	87.68	85.95	79.63
02:00	75.36	81.69	84.95	80.41	85.76	83.28	82.69	86.87	88.64	88.03	86.12	78.87
02:30	74.72	82.24	84.35	80.48	80.71	83.06	82.45	86.66	88.80	88.49	86.32	79.16
03:00	74.50	82.18	84.64	80.41	80.46	82.93	82.20	86.84	88.89	88.02	86.96	79.62
03:30	77.54	81.83	84.70	80.42	80.89	85.92	82.20	86.96	88.77	88.39	87.09	80.07
04:00	77.39	81.66	84.77	80.09	85.50	83.08	82.12	86.94	88.72	88.28	87.21	79.68
04:30	77.81	81.48	84.80	80.13	80.90	83.04	81.92	86.97	89.02	88.08	87.52	79.18
05:00	77.99	81.41	84.57	79.93	80.95	83.27	82.05	87.33	89.25	88.43	87.71	78.68
05:30	78.52	80.93	84.82	79.96	81.25	83.26	82.01	87.23	89.20	89.27	87.85	79.32
06:00	78.23	80.13	84.57	79.30	80.85	83.30	82.15	87.16	88.91	89.73	88.23	79.61
06:30	77.10	78.82	82.83	76.73	79.72	82.23	81.53	87.10	89.17	89.30	88.62	80.03
07:00	74.75	76.66	80.63	73.91	77.76	78.64	78.42	86.08	89.09	89.01	88.75	77.47
07:30	71.75	73.23	78.40	71.23	76.08	74.31	74.68	83.67	88.45	88.58	86.99	73.93
08:00	69.04	71.04	76.75	69.05	73.93	70.87	69.60	80.01	86.47	86.69	82.03	70.33
08:30	66.57	67.07	74.49	66.87	71.66	66.44	64.53	75.42	84.05	83.43	77.26	65.85
09:00	64.68	67.18	73.41	63.48	69.59	64.55	59.37	71.51	79.30	78.85	73.48	63.25
09:30	62.70	66.69	71.19	61.03	67.59	62.55	56.94	68.11	74.01	73.70	68.39	60.67

10:00	61.85	66.34	70.60	58.57	66.76	60.24	55.18	65.09	68.59	68.08	63.51	58.53
10:30	60.70	66.43	70.49	57.97	64.38	58.84	54.15	63.18	65.92	63.89	60.23	56.05
11:00	60.21	65.94	70.20	57.91	65.56	58.65	52.59	61.96	64.02	60.44	58.34	53.82
11:30	59.71	65.67	69.36	57.13	66.03	57.53	52.84	60.95	63.18	57.72	57.64	52.45
12:00	59.99	66.73	71.42	58.75	65.09	57.37	54.60	59.99	61.52	55.32	55.85	51.47
12:30	61.38	67.16	71.45	59.13	65.90	58.47	56.71	59.89	59.83	53.48	54.87	51.64
13:00	62.27	67.44	72.29	60.83	67.95	59.90	58.53	60.02	59.01	53.29	54.51	51.34
13:30	61.53	67.79	73.72	61.32	67.77	61.41	59.49	61.91	59.61	53.02	54.10	51.78
14:00	60.56	68.76	73.96	61.52	67.15	65.57	61.09	62.18	61.97	53.17	55.20	51.98
14:30	60.90	69.29	73.01	61.63	67.42	67.19	61.73	63.48	61.43	54.61	56.65	52.37
15:00	61.43	69.69	73.23	63.03	69.71	69.83	63.21	64.87	62.87	56.01	58.24	52.94
15:30	62.82	68.99	73.41	63.72	71.71	70.94	64.69	67.00	63.91	57.59	60.67	53.61
16:00	63.42	69.09	75.85	65.40	72.55	74.40	68.25	71.67	68.80	61.17	62.66	57.87
16:30	64.59	69.51	76.95	66.69	75.13	76.36	69.43	74.20	71.30	63.98	64.40	60.28
17:00	65.85	70.69	77.45	67.78	76.40	77.86	72.14	77.41	74.99	66.68	66.73	62.21
17:30	67.72	71.76	77.45	68.47	77.52	79.66	74.46	81.13	80.12	70.29	69.45	64.19
18:00	69.98	74.08	78.54	69.21	78.36	81.91	78.51	84.03	83.49	75.07	72.01	66.80
18:30	72.44	76.84	81.05	71.26	78.82	84.24	80.94	86.03	84.97	78.64	74.17	70.39
19:00	74.59	79.76	83.05	73.07	78.81	85.90	82.59	87.75	86.84	80.84	76.47	73.29
19:30	75.92	81.30	83.80	75.28	78.38	86.57	83.87	88.81	87.78	81.95	78.18	75.18
20:00	76.93	82.19	83.61	76.68	80.26	86.77	84.55	89.82	88.76	82.64	79.59	76.83
20:30	77.11	82.68	84.08	77.70	80.46	87.17	84.74	89.65	89.42	83.44	81.31	78.34
21:00	77.31	83.00	84.23	78.38	80.12	86.81	84.88	90.06	89.61	83.87	82.69	78.78
21:30	77.85	83.12	84.48	79.35	79.28	86.92	84.91	90.26	89.48	85.00	83.36	79.54
22:00	78.22	83.54	84.71	80.19	79.78	86.58	84.94	90.27	89.58	86.29	84.62	80.02
22:30	78.55	86.33	84.75	80.40	79.97	86.49	85.04	90.37	89.58	86.93	84.99	80.08
23:00	75.28	83.33	84.46	80.40	80.52	86.44	84.90	90.11	90.04	87.56	85.92	80.03
23:30	75.18	85.92	84.31	80.60	80.41	86.18	84.87	89.99	90.61	88.78	85.99	80.40

時間	屏東試驗地土溫 (°C)											
	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
00:00	26.78	26.31	26.12	27.74	26.49	25.94	24.55	24.12	21.37	20.58	24.26	25.58
00:30	26.71	26.27	26.08	27.67	26.45	25.88	24.55	24.07	21.34	20.56	24.16	25.49
01:00	26.63	26.24	26.04	27.60	26.41	25.88	24.55	24.02	21.31	20.58	24.06	25.38
01:30	26.55	26.20	26.01	27.52	26.37	25.85	24.52	23.98	21.30	20.58	23.97	25.30
02:00	26.48	26.15	25.97	27.44	26.32	25.80	24.46	23.93	21.30	20.51	23.88	25.22
02:30	26.41	26.12	25.94	27.36	26.22	25.77	24.49	23.89	21.29	20.51	23.80	25.14

03:00	26.34	26.09	25.92	27.29	26.15	25.74	24.41	23.84	21.25	20.46	23.72	25.06
03:30	26.28	26.05	25.89	27.23	26.10	25.71	24.38	23.80	21.24	20.41	23.64	24.93
04:00	26.21	26.02	25.86	27.17	26.07	25.76	24.34	23.76	21.23	20.36	23.56	24.84
04:30	26.15	25.98	25.83	27.12	26.02	25.69	24.26	23.71	21.21	20.31	23.50	24.76
05:00	26.09	25.95	25.80	27.06	25.98	25.77	24.23	23.67	21.19	20.28	23.43	24.72
05:30	26.03	25.92	25.78	27.01	25.95	25.77	24.18	23.63	21.17	20.20	23.36	24.69
06:00	25.97	25.89	25.75	26.96	25.92	25.62	24.10	23.58	21.13	20.15	23.30	24.59
06:30	25.91	25.87	25.74	26.91	25.90	25.65	24.06	23.54	21.10	20.13	23.22	24.47
07:00	25.87	25.86	25.73	26.90	25.89	25.54	24.01	23.49	21.05	20.08	23.15	24.40
07:30	25.86	25.87	25.74	26.91	25.91	25.62	24.01	23.46	21.01	20.02	23.09	24.29
08:00	25.91	25.93	25.79	26.99	25.95	25.57	24.03	23.45	20.98	19.99	23.05	24.26
08:30	26.01	26.00	25.85	27.11	26.01	25.59	24.05	23.47	20.97	19.98	23.04	24.27
09:00	26.13	26.07	25.92	27.26	26.10	25.64	24.12	23.52	20.97	19.99	23.07	24.31
09:30	26.29	26.15	26.01	27.41	26.20	25.69	24.21	23.59	20.97	20.00	23.14	24.42
10:00	26.47	26.24	26.10	27.57	26.29	25.75	24.33	23.71	21.01	20.01	23.26	24.58
10:30	26.70	26.34	26.21	27.75	26.40	25.81	24.50	23.84	21.03	20.06	23.43	24.80
11:00	26.97	26.43	26.31	27.92	26.52	25.93	24.64	24.01	21.22	20.20	23.66	25.04
11:30	27.28	26.54	26.41	28.09	26.67	26.03	24.77	24.19	21.31	20.41	23.96	25.34
12:00	27.55	26.65	26.51	28.30	26.81	26.16	24.89	24.34	21.40	20.64	24.31	25.70
12:30	27.79	26.73	26.59	28.48	26.93	26.29	24.96	24.48	21.49	20.86	24.62	26.05
13:00	27.99	26.81	26.73	28.68	26.99	26.40	24.99	24.62	21.58	21.10	24.93	26.36
13:30	28.15	26.90	26.94	28.98	27.04	26.49	25.12	24.77	21.65	21.30	25.25	26.68
14:00	28.29	26.97	27.00	29.13	27.13	26.61	25.28	24.92	21.75	21.49	25.54	27.04
14:30	28.39	27.00	26.98	29.18	27.21	26.71	25.36	25.04	21.85	21.66	25.80	27.35
15:00	28.46	26.99	26.97	29.19	27.27	26.72	25.40	25.12	21.93	21.78	25.99	27.59
15:30	28.49	26.99	26.97	29.19	27.29	26.72	25.34	25.08	21.97	21.87	26.11	27.76
16:00	28.46	27.00	26.97	29.16	27.28	26.88	25.39	25.07	22.36	22.00	26.17	28.04
16:30	28.41	26.98	26.95	29.10	27.28	26.85	25.37	25.04	22.36	22.00	26.18	28.04
17:00	28.33	26.94	26.92	29.03	27.26	26.81	25.37	24.99	22.34	21.97	26.16	27.99
17:30	28.22	26.92	26.88	28.97	27.24	26.77	25.32	24.93	22.31	21.91	26.09	27.88
18:00	28.10	26.90	26.84	28.89	27.20	26.70	25.24	24.86	22.26	21.82	25.98	27.74
18:30	27.97	26.86	26.79	28.80	27.15	26.63	25.16	24.78	22.21	21.72	25.85	27.57
19:00	27.84	26.78	26.72	28.69	27.09	26.56	25.07	24.70	22.15	21.62	25.70	27.39
19:30	27.71	26.70	26.64	28.58	27.02	26.49	25.00	24.63	22.09	21.52	25.55	27.20
20:00	27.59	26.65	26.58	28.47	26.94	26.43	24.92	24.56	22.03	21.42	25.41	27.02
20:30	27.48	26.61	26.52	28.37	26.86	26.37	24.85	24.49	21.98	21.33	25.27	26.85
21:00	27.41	26.56	26.44	28.26	26.79	26.31	24.81	24.43	21.92	21.25	25.14	26.69
21:30	27.31	26.51	26.38	28.16	26.73	26.26	24.75	24.37	21.87	21.17	25.00	26.53
22:00	27.21	26.47	26.32	28.07	26.68	26.21	24.70	24.32	21.82	21.09	24.87	26.38

22:30	27.12	26.42	26.26	27.98	26.63	26.16	24.65	24.27	21.78	21.01	24.75	26.23
23:00	27.03	26.38	26.18	27.90	26.57	26.11	24.58	24.21	21.73	20.93	24.63	26.09
23:30	26.94	26.33	26.13	27.82	26.52	26.08	24.53	24.16	21.69	20.86	24.51	25.95

附錄五 屏東試驗地歷年二氧化碳濃度(ppm)

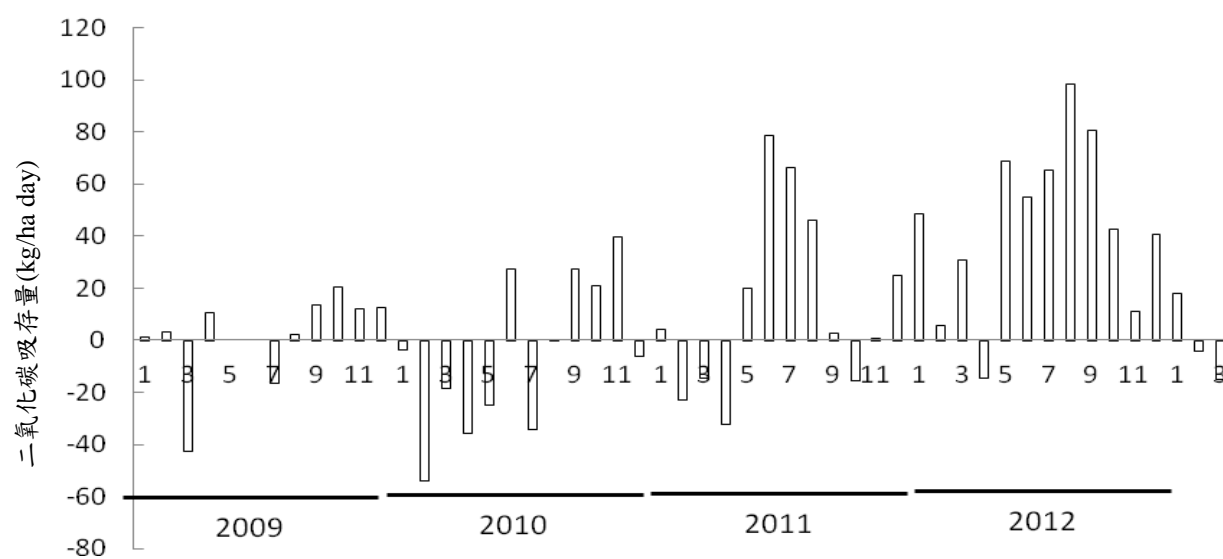
2009	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均	380.5	371.3	382.1	388.5	384.7	385.1	388.9	405.5	389.1	399.3	370.5	352.8
最大	378.8	370.0	352.5	449.4	449.1	440.1	481.8	725.9	535.7	586.3	586.1	468.6
最小	380.5	371.3	382.1	358.8	356.8	354.8	327.5	349.7	361.2	348.7	330.1	238.3

2010	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均	362.5	392.7	385.9	386.3	394.2	392.2	395.8	401.3	411.2	410.3	396.1	400.0
最大	428.1	446.4	442.2	441.6	445.7	487.4	517.1	645.5	767.3	585.1	499.2	521.1
最小	312.7	365.5	358.7	341.4	367.5	353.9	356.4	358.2	355.8	368.3	370.7	291.9

2011	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均	404.8	393.4	378.9	393.0	398.6	393.6	398.9	397.8	400.0	410.1	414.8	405.0
最大	455.7	483.8	498.8	505.0	484.8	496.4	488.1	490.1	497.4	491.1	562.7	499.4
最小	364.5	331.2	336.8	364.8	361.2	358.7	351.9	359.7	360.2	361.7	350.7	363.6

2012	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均	389.1	395.4	392.8	368.2	371.4	379.1	362.2	374.6	374.2	324.2	371.1	386.4
最大	717.1	618.0	502.0	631.5	612.1	641.7	626.1	604.7	599.8	584.1	635.2	589.9
最小	277.7	271.7	364.1	294.6	248.1	279.0	273.3	314.2	304.6	279.9	327.6	294.5

附錄六 屏東試驗地歷年之月平均二氧化碳吸存量(2009年1月至
2013年3月)



101 年度委託研究計畫期末報告委員審查意見辦理情形表

計畫編號：tfbc-1010511

計畫名稱：屏東地區造林樹種生長監測及碳吸存效益分析

審查委員意見	辦理情形
<p>臺灣大學郭教授幸榮：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 圖 1 之各樣區標示及其造林年度之附註請放大，以便於閱讀。 2. 圖 2 之觀測塔各高度之文字說明品質不佳，請予以改善。另外各儀器設置之位置是否固定？各測值是否受冠層高度之變動及土壤有機物累積之影響。 3. 第 9 頁，此頁所指之鬱閉度其定義為何？依何種指數來判定？ 4. 第 9 頁表 1 請註明土肉桂在 2012 及 2013 年缺欠資料的原因(雖然本文已有說明，但在表下側註明較適宜)，及砍伐後對本研究之影響。 5. 表 1 請估算材積及碳之每年及累積蓄存量。 6. 第 12 頁行 4 及行 9 之表 3 及表 4 是否相互錯置？請查明修正。 7. 第 12 頁行 7 之 2008-2011 年大氣二氧化碳濃度上升之原因為何？請說明。 8. 第 14 頁及其表 4 請註明 2012-2013 年各月份之降雨量。 9. 第 17 頁行 1「光合作用速率生育地...」，請在速率及生育地之間填加「受」字。 10. 圖 6 及圖 7 缺 2012-2013 年之資料，請補強。 11. 第 20 頁行 2「進行 2 次每木調查..」，是否應為 3 次。 12. 第 20 頁之平均胸徑生長量請算至 2013 年止。 13. 第 21 頁行 1「...仍屬未鬱閉林分」，與第 9 頁之敘述不符，請查明修正 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 已修正 2. 已修正、新增說明於 P.7 3. 以臨近樹冠相接與否來判定，已修正內文表達方式。 4. 已修正，說明於 P.9 5. 將來可能申請收穫樣木來進行分析計算 6. 已修正 7. 新增說明於 P.12 8. 已修正 9. 已填加 10. 已補上 11. 已修正 12. 已修正 13. 已修正 14. 感謝委員建議，將來會設計相關試驗補強

<p>14. 建議依林木各年及累積之生長表現推估對大氣二氧化碳減量之效果，以及土壤有機物累積之效應，以便於林務局及研究人員採用，也較符合計畫名稱「...生長監測..」之意涵。</p>	
<p>林業試驗所簡研究員慶德：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 摘要第 2 段第 1 行「...試驗地範圍內共計 12 種造林樹種」，建議補充每年每公頃平均生長量和增加的材積，並計算樹種碳吸存量。 2. 與往年比較，本年度試驗地之二氧化碳濃度下降，是否與樹木生長量增加有關。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員建議，將來會設計相關試驗補強 2. 已新增說明於 P.21
<p>宜蘭大學林教授世宗：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 以通量觀測塔模式監測二氧化碳通量進而評估造林區對二氧化碳減量貢獻，執行集資料龐大，誠屬不易 2. 因本計畫為 4 年計畫，本年度計畫的目的，請於前言部分(第 4 頁)在加以具體說明，與結論能連貫。 3. 第 10 頁以年度平均值之垂直風速為 0.001 m/s 認定試驗地處於穩定狀態，是否符合實驗之前提假設，因二氧化碳變化是以月平均值為基準，但二氧化碳濃度於月間甚至日間之變化大，請補充說明。 4. 2012 年平均每日固定二氧化碳 48.23 kg/ha/day，但第 14 頁表 4 結 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員建議 2. 已補上 3. 補充說明於 P.10 4. 由於本計畫跨年度，因此部分數據在表達上易造成混亂，已進一步修正。已補充說明於 P.21

<p>果平均碳吸存量卻為 37.28 kg/ha/day。又環境監測資料是否作為評估模式之利用？請予說明</p>	
--	--