

中華民國 第 49 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

第三名

080821

化鋁牆為綠牆--蔓藤植物生長及減炭效果探討

學校名稱：臺北縣土城市安和國民小學

作者：	指導老師：
小五 黃柏儒	高炯琪
小五 林奕儒	陳郁珍
小五 惠郁嘉	
小四 林俞賢	

關鍵詞：蔓藤植物、減碳、光合作用

化鋁牆為綠牆—蔓藤植物生長及減碳效果探討

摘要

我們要出適合綠化鋁花格牆的蔓藤植物並探討它吸附二氧化碳效果，結果發現：

- 一、能在鋁花格牆上攀爬良好的植物類型是用蔓莖或捲鬚纏繞的蔓藤植物，例如：大鄧伯、忍冬。用吸盤、不定根吸附的爬牆虎、薔荔在粗糙面的堤防長的很好，但它們並無法攀爬在鋁花格牆上，學校未來選擇物種要謹慎。
- 二、鋁花格牆是蔓藤植物的攀爬架，是否還要再加竹子幫助植物攀爬，須視物種而定，並無一致的結果。
- 三、葉片顏色深的植物減碳效果較佳，葉片顏色淺的減碳效果較弱。我們可以從葉片顏色比較不同植物消耗二氧化碳情形。
- 四、二氧化碳的濃度增加，植物會增加吸附效果，但太高的二氧化碳，會對葉片顏色淺的植物造成傷害，人類必須避免再製造太多二氧化碳，傷害植物。

壹、研究動機

五上自然課植物單元進行「校園環境總體檢」時，我們發現綜合球場一大片鋁花格牆很醜，像監獄圍牆！了解後知道學校原本想種樹，但鋁花格牆一邊是球場，另一邊是車道，所以無法種樹，從創校到現在 20 年了都沒綠化成功。

可是我們認為，有很多道路堤防也不能種樹，但是爬滿了薔荔、爬牆虎。學校鋁花格牆就好像是現成的花網，應該很適合種蔓藤植物啊！但是哪些類型的蔓藤植物種在這裡會爬的比較好？在菜園中常看到農夫種絲瓜會架竹子或拉繩子來幫助生長，在鋁花格牆上是否也需要呢？另外，這裡一邊是車道，一邊是球場，二氧化碳排放很多，種樹可以減碳，但同樣是蔓藤植物，減碳效果會不同嗎？查過以前科展的資料，大多是探討水生植物的光合作用，並沒有關於陸生植物減碳效果的研究，這些都讓我們充滿好奇與疑問。

貳、研究目的與問題

- 一、找出適合綠化鋁花格牆的蔓藤植物類型。
- 二、在鋁花格牆加上繩子或竹子會不會增加蔓藤植物的攀爬速度？
- 三、哪一種蔓藤植物減碳效果比較好？
- 四、二氧化碳的濃度增加，蔓藤植物減碳效果是否也增加？

參、研究設備及器材

- 一、蔓藤植物：百香果、爬牆虎、薔荔、紫藤、使君子、炮仗花、龍吐珠、大鄧伯、忍冬、台灣馬兜鈴、瓜葉馬兜鈴、卵葉馬兜鈴。
- 二、攀爬架：繩子、竹子。
- 三、製造 CO₂：醋酸、小蘇打粉。
- 四、CO₂ 濃度監測箱：CO₂ 濃度計、保麗龍箱、透明壓克力板、27w 白光省電燈泡組。

肆、研究過程與方法

研究目的一：找出適合綠化鋁花格牆的蔓藤植物

一、選擇種植地點

鋁花格牆一邊是學生活動打球的綜合球場，種在這裡容易損傷；另一邊是車道，用花盆種植影響較小，所以決定種在車道這邊。

二、選擇種植的蔓藤植物

搜集校園常見蔓藤植物，因生長季節因素，共買了 12 種植物。紫藤、使君子、炮仗花、龍吐珠、大鄧伯、忍冬買來的時候比較高，有用竹子固定，我們沒把竹子拆掉。

三、專家協助種植

10 月 1 日請有專長的園藝店叔叔幫忙，以 10 吋花盆裝上加有粗糠的田土八分滿，完成種植，綁上竹子、繩子。

四、照顧植物

(一) 期間：第一階段：97.10.1~98.3.27，共 6 個月。

(二) 控制養分、陽光、水份等變因，讓每盆植物盡量相同。

(三) 用束帶將蔓藤莖固定在竹子、繩子及鋁花格牆上。

五、紀錄植物生長情形

(一) 星期二、四中午觀察紀錄，包括生長情形、攀爬方式及攀爬高度。

(二) 選擇最長的莖測量原始高度，每個月底統計增加高度。



綜合球場鋁花格牆



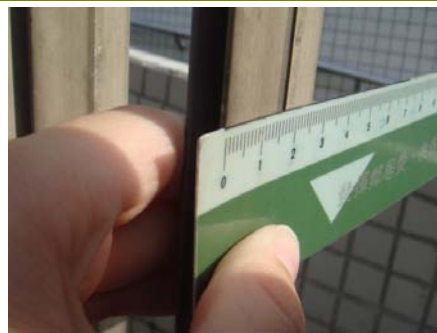
蔓藤植物種植地點



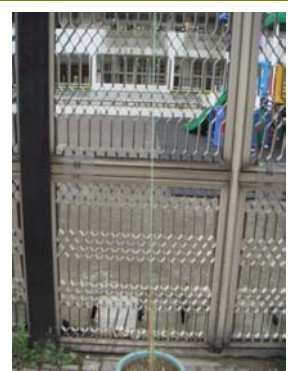
要種的蔓藤植物



我們參與種植蔓藤植物



厚度 3 公分的鋁框



2 公尺繩子

		
2 公尺竹子	接受相同的陽光	用束帶固定植物
		
定期施肥	測量高度	觀察紀錄

圖 1：觀察蔓藤植物生長情形

研究目的二：比較蔓藤植物減碳效果

事前準備

一、構思如何測量植物消耗 CO_2

我們蒐集資料知道測量植物吸收 CO_2 的儀器貴重且不易操作，一般要大學的森林系才可能有，所以我們寫 mail 請教大學教授是否有比較簡單的儀器或測量方法。

二、尋求專家協助

嘉大的教授告訴我們：「 CO_2 的測定目前常用的儀器是紅外線氣體分析儀（濃度計）」。
台大森林系的主任告訴我們：「陸生植物行光合作用時吸收的 CO_2 量在開放空間測量，目前很難且精確度尚存疑。需要在一個密閉空間內，測量出濃度(增)減的淨量。最初時間原濃度減去最後時間之濃度等於光合作用吸收 CO_2 量減去呼吸作用產生的 CO_2 量。」

三、決定研究範圍

考量我們的能力，決定不考慮呼吸作用產生的 CO_2 量，這樣測出來的光合作用叫表光合作用。

正式實驗

一、準備 CO_2 濃度計（以下簡稱濃度計）

監測高濃度 CO_2 濃度計是由家長提供，使用時須整組放入，因此 CO_2 濃度監測箱就

是以此設計，植物放在右邊，濃度計放在左邊。後來濃度計因故無法再借用，所以我們另行購置一組。

二、自製 CO₂ 濃度監測箱（以下簡稱監測箱）

- （一）將保麗龍箱上面及前面蓋子各挖除一個開口，黏上透明壓克力，上面做為燈源照射孔，前面作為觀察孔。左下方側邊挖一圓孔，濃度計感應器可以伸入，接縫處用樹脂黏好。
- （二）配合第一台濃度計，我們將第二台濃度計擺在相同的位置，經過測試，兩台的誤差約只有 50ppm。
- （三）將 2 個 27w 白色省電燈泡固定在光源架上。

三、製造高、中、低濃度 CO₂

- （一）自然課提到用醋酸和小蘇打粉混合可以製造 CO₂ 是安全又經濟的方式。
- （二）以不同量的小蘇打粉及醋酸製作高、中濃度的 CO₂ (詳如下表)，倒入廣口瓶，蓋上蓋子充分搖晃，讓瓶內產生 CO₂，再放入監測箱，打開廣口瓶蓋子，立刻密合監測箱。
- （三）打開燈泡電源及濃度計開始監測。
- （四）分別檢測高、中 CO₂ 濃度的變化 3 次，比較差異情形。
 - 1.高濃度 CO₂ 在 28、39、42 分鐘濃度最高，約 4000ppm±10%，之後變化差異不大，因此未來高濃度的實驗在 7:40 放入 CO₂ 到監測箱，8:30 開始監測。
 - 2.中濃度 CO₂ 在 18、35、37 分鐘濃度最高，約 2500ppm±10%，之後變化差異不大，因此未來中濃度的實驗在 7:50 放入 CO₂ 到監測箱，8:30 開始監測。
- （六）低濃度 CO₂，也就是室內空氣，不另外放入 CO₂，測得約 450ppm±10%，8:30 開始監測。
- （七）如果當天製造的 CO₂ 濃度或室內空氣 CO₂ 濃度超過預設值濃度值就不進行實驗。

表：製造高、中、低濃度 CO₂

濃度別	CO ₂ 製作方式	放入監測箱 打開廣口瓶蓋時間	開始監測 時間	預設值濃度值
高濃度	4 g 小蘇打粉 + 10 cc 醋酸	7:40	8:30	約 4000ppm±10%
中濃度	2 g 小蘇打粉 + 5 cc 醋酸	7:50	8:30	約 2500ppm±10%
低濃度	室內空氣	8:30	8:30	約 450ppm±10%

四、準備實驗用蔓藤植物

- （一）購買 12 盆蔓藤植物，有 3 盆葉片品質不良，無法實驗，共監測 9 盆植物。
- （二）買回來植物重新換盆加土，養護一星期，生長穩定才進行實驗。

五、控制變因

- （一）溫度會影響光合作用及 CO₂ 濃度擴散，在室溫 20~25 度才實驗。
- （二）選擇成熟的葉片，過老或嫩葉摘除。

六、計算葉片面積

在每格 0.25 平方公分的方格紙描繪葉片輪廓，再算出葉片總面積。

七、進行消耗 CO₂ 濃度監測實驗

將 CO₂ 及一盆蔓藤植物同時放入監測箱開始進行監測（如圖 2），日期如下：

高濃度：97.12.16—98.1.10；中濃度：98.2.12—98.3.2；低濃度：98.3.2—98.3.18

		
9 盆實驗的蔓藤植物	3 盆葉片品質不良無法實驗	實驗用的兩個濃度計
		
光照約 20000Lux	實驗前 1 天澆水	準備 1 平匙小蘇打粉
		
測量 1 平匙小蘇打粉 2g	用注射筒量醋酸	小蘇打粉+醋酸產生 CO ₂
		
放入盆栽	放入 CO ₂	高濃度監測情形





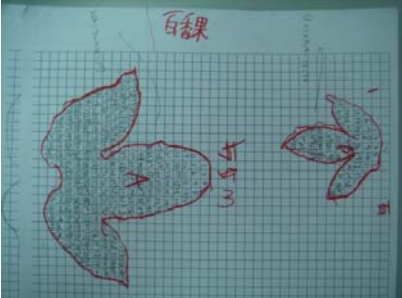
		
中低濃度監測情形	黏上膠帶綁緊鬆緊帶	蓋上遮光板
		
登錄每小時濃度	描繪葉子型狀	計算葉子面積

圖 2：蔓藤植物消耗 CO₂ 濃度實驗過程

伍、結果與討論

研究目的一：找出適合綠化鋁花格牆的蔓藤植物

一、蔓藤植物生長情形觀察紀錄

經過 6 個月觀察，彙整我們每星期 2 次的觀察紀錄如下：

表 1：蔓藤植物生長情形

	百香果	薜荔	爬牆虎	龍吐珠
葉	沒有落葉，葉片都是綠色	沒有落葉，葉片都是綠色	12 月落葉，2 月長新葉	1 月落葉，3 月底長新葉，新葉從頂端長出，下半部光禿禿
莖	只有 2~3 條莖，略木質	有 5~10 條莖，略木質	有 2~3 條莖，略木質	有 2~3 條莖，會自己長出新株，木質
花	3 月長了花苞	沒有	沒有	11 月長白色花中間花冠紅色
其它		不太會長高	12 月死 2 棵，其中 1 棵 2 月又活了	

	使君子	紫藤	大鄧伯	炮仗花
葉	12月落葉,3月開始長新葉	12月落葉,3月長新葉紅褐色,枝葉很多	葉子大,長的很好	葉子比較薄
莖	只有2~3條莖,木質	只有2~3條莖,落葉時莖枯萎,木質	只有1條莖,但會自行長出新株,略木質	只有1條莖,略木質
花	沒有	沒有	2月開花 花呈唇狀藍紫色	沒有
其它	12月全剩枯莖像死掉了			
	忍冬	卵葉馬兜鈴	台灣馬兜鈴	瓜葉馬兜鈴
葉	葉片很軟有毛不會落葉	葉片很大	葉片很多	葉片很多
莖	有18~19條莖,草本	只有1條莖,草本	有9~25條莖,草本	有9~14條莖,草本
花	還沒開花	沒有	12月開花,像薩克斯風,心部黃色,開口紫褐色	沒有
其他		11月死了1棵		

表 1-1：蔓藤植物生長情形（每種 3 盆）

植物名稱 生長情形	百香果	薜荔	爬牆虎	龍吐珠	使君子	紫藤	大鄧伯	炮仗花	忍冬	卵葉馬兜鈴	台灣馬兜鈴	瓜葉馬兜鈴
不落葉	○	○					○	○	○	○	○	○
落葉			○	○	○	○						
多莖(>5)									○		○	○
少莖(<5)	○	○	○	○	○	○	○	○		○		
草本莖									○	○	○	○
略木質莖	○	○	○				○	○				
木質莖				○	○	○						
開花	○			○			○				○	
沒開花		○	○		○	○		○	○	○		○

說明與討論：










1. 不落葉的植物是我們認為適合來綠化圍牆的，才不會到了冬天就像破布一樣很醜。

2. 木質莖的植物比較不用束帶就可以往上長，草本莖的或略木質莖的都需要幫忙固定，但不可以綁在嫩芽處以免枯萎。

三、 蔓藤植物的攀爬方式

仔細觀察蔓藤植物的攀爬方式，有的是用蔓藤莖纏繞、有的是用吸盤吸附、有的是用不定根吸附，如下表：

表 2：蔓藤植物的攀爬方式

植物名稱	百香果	炮仗花	大鄧伯
攀爬方式	蔓莖纏繞及卷鬚纏繞	蔓莖纏繞及卷鬚纏繞	蔓莖纏繞
圖片			
植物名稱	卵葉馬兜鈴	台灣馬兜鈴	瓜葉馬兜鈴
攀爬方式	蔓莖纏繞	蔓莖纏繞	蔓莖纏繞
圖片			
植物名稱	忍冬	爬牆虎	薜荔
攀爬方式	蔓莖纏繞	吸盤吸附	不定根吸附
圖片			
植物名稱	龍吐珠	使君子	紫藤
攀爬方式	依附它物攀援	依附它物攀援	依附它物攀援



說明與討論：

1. 攀爬類型：

- (1) 蔓莖纏繞：纏繞著依附物往上攀爬，如百香果、炮仗花、大鄧伯、卵葉馬兜鈴、台灣馬兜鈴、瓜葉馬兜鈴、忍冬。
- (2) 吸盤吸附：莖發出氣根，末端變形為吸盤狀幫助攀爬，像爬牆虎
- (3) 不定根吸附：在每個莖節上都會長出不定根，幫助攀附在其他物體上面，如薜荔。
- (4) 捲鬚纏繞：除了用蔓莖纏繞，還用卷鬚纏繞的有百香果、炮仗花。
- (5) 依附它物攀援：莖靠著依附物往上攀爬，像紫藤、使君子、龍吐珠。

2. 蔓莖纏繞比較明顯的都是草本莖，或像大鄧伯、百香果、炮仗花的略木質莖，依附它物攀援的都是木質莖。




四、 蔓藤植物的攀爬高度

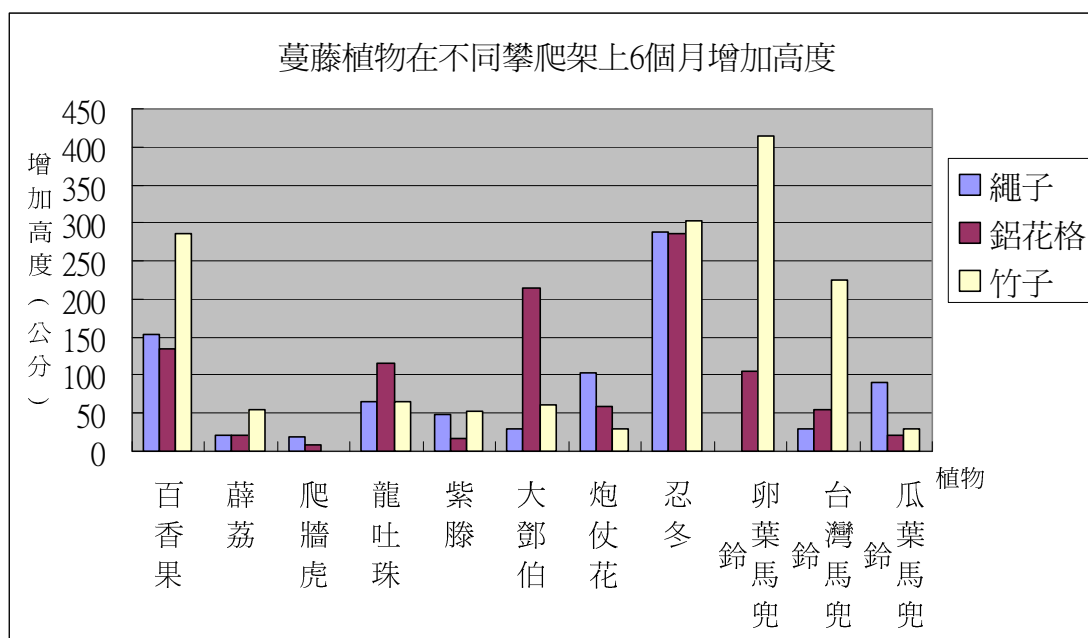
我們多麼期待蔓藤植物能快快長大，加了竹子和繩子能不能讓它們爬的更快長的更高，每星期測量 2 次，如下表。

表 3： 12 種蔓藤植物 36 盆的攀爬高度

植物	百香果			薜荔			爬牆虎		
攀爬物	繩子	鋁牆	竹子	繩子	鋁牆	竹子	繩子	鋁牆	竹子
種植時高度	46	26	48	26	26	30	20	10	21
10 月份增加高度	35	4	8	4	4	2	10	1	-15
11 月份增加高度	56	14	44	4	1	26	-5	7	1
12 月份增加高度	9	40	28	1	3	8	15	-10	死掉
1 月份增加高度	4	-8	36	1	3	4	-1	-3	
2 月份增加高度	30	63	86	5	9	10	-6	2	
3 月份增加高度	20	22	85	7	1	5	5	11	
6 個月增加高度	154	135	287	22	21	55	18	8	
3 盆共增加高度	576			98			26		
相片									

植物	龍吐珠			使君子			紫藤		
攀爬物	繩子	鋁牆	竹子	繩子	鋁牆	竹子	繩子	鋁牆	竹子
種植時高度	145	110	105	45	42	50	55	85	56
10 月份增加高度	40	35	3	5	4	5	13	10	5
11 月份增加高度	45	45	52	-4	6	-1	35	9	31
12 月份增加高度	10	35	20	死掉	死掉	死掉	12	3	4
1 月份增加高度	0	40	-6				-2	-7	-11
2 月份增加高度	-20	-15	-4				-13	-1	18
3 月份增加高度	-10	-15	0				4	3	6
6 個月增加高度	65	115	65				49	17	53
3 盆共增加高度	245						119		
相片									
植物	大鄧伯			炮仗花			忍冬		
攀爬物	繩子	鋁牆	竹子	繩子	鋁牆	竹子	繩子	鋁牆	竹子
種植時高度	170	105	158	62	104	58	26	25	20
10 月份增加高度	5	29	3	2	2	2	4	0	11
11 月份增加高度	5	46	-13	1	16	0	55	65	61
12 月份增加高度	0	45	6	8	0	35	60	70	75
1 月份增加高度	0	40	31	-8	-9	-10	85	70	45
2 月份增加高度	13	35	15	102	68	2	60	70	90
3 月份增加高度	7	20	20	-2	-19	1	25	10	20
6 個月增加高度	30	215	62	103	58	30	289	285	302
3 盆共增加高度	307			191			876		
相片									
植物	卵葉馬兜鈴			台灣馬兜鈴			瓜葉馬兜鈴		
攀爬物	繩子	鋁牆	竹子	繩子	鋁牆	竹子	繩子	鋁牆	竹子
種植時高度	6	40	85	30	35	30	30	16	35
10 月份增加高度	6	6	15	-14	32	35	5	2	1

11 月份增加高度	死掉	20	166	19	7	95	2	4	3
12 月份增加高度		15	57	0	11	25	4	6	1
1 月份增加高度		-6	27	0	-5	25	10	2	4
2 月份增加高度		35	65	10	20	60	29	5	11
3 月份增加高度		35	85	15	-10	-15	40	2	10
6 個月增加高度		105	415	30	55	225	90	21	30
3 盆共增加高度		520		310			141		
相片									



說明與討論

- 1 爬牆虎 1 盆、使君子 3 盆、卵葉馬兜鈴 1 盆死掉，無法蒐集相關資料。
2. 在鋁花格牆上綁竹子或繩子蔓藤植物生長情形：
 - (1) 加了竹子攀爬較快：百香果、卵葉馬兜鈴、台灣馬兜鈴
 - (2) 加了繩子攀爬較快：瓜葉馬兜鈴
 - (3) 在鋁花格攀爬較快：大鄧伯
 - (4) 無明顯差異：龍吐珠、紫藤、炮仗花、使君子、忍冬
 - (5) 不攀爬的：薜荔、爬牆虎
3. 蔓莖纏繞的植物加上竹子可以攀爬較快，是因有支撐所以攀爬效果更佳。
4. 大鄧伯的莖為略木質莖，纏繞半徑較大，厚度大的鋁花格成為更好的支架。
5. 百香果用捲鬚纏繞方式攀爬。捲鬚長出 5-7 公分後成彈簧狀纏繞在竹子、繩子上，鋁花格的寬度太厚，捲鬚不易纏繞。炮仗花的捲鬚比較長，可以纏繞鋁花格（圖 3）。

6. 攀爬類型為依附它物攀援的植物，不靠纏繞，所以加上竹子或繩子並不影響生長速度。

		
<p>百香果的捲鬚纏繞竹子</p>	<p>百香果的捲鬚纏繞繩子</p>	<p>鋁框厚度大捲鬚不易纏繞</p>
		
<p>炮仗花的捲鬚可纏繞鋁花格</p>	<p>鋁框是大鄧伯纏繞的好支架</p>	<p>爬牆虎吸盤吸附情形不良</p>

圖 3：蔓藤植物蔓莖纏繞情形

四、研究結果

- (一) 綠化鋁花格牆建議種植攀爬類型為有明顯蔓莖或捲鬚纏繞的植物，例如百香果、炮仗花、大鄧伯、忍冬、台灣馬兜鈴、瓜葉馬兜鈴及卵葉馬兜鈴；不建議種植以吸盤吸附的爬牆虎及不定根吸附的薔荔，因為這兩種植物靠吸附在粗糙面的牆壁往上爬，所以常見於道路堤防。
- (二) 在鋁花格牆上加上竹子，有助於部分蔓莖或捲鬚纏繞的植物，如百香果、台灣馬兜鈴、卵葉馬兜鈴；加上繩子有助於瓜葉馬兜鈴攀爬；但並無助於忍冬、大鄧伯的攀爬，可見是否加竹子或繩子須視物種而定。

研究目的二：比較蔓藤植物減碳效果

一、CO₂濃度監測箱【空箱測試】

目的在了解 CO₂ 自然消耗情形，從上午 8:30 到下午 15:30，共監測 3 次，詳細如下表。

表 4：高濃度 CO₂ 在監測箱內濃度變化

時間 次數	08:30	09:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	自然消耗 的 CO ₂
第一次	4001	3980	3960	3955	3920	3897	3875	3842	159
第二次	4109	4097	4089	4064	4033	3989	3948	3948	161
第三次	3936	3899	3856	3825	3801	3796	3768	3752	184
平均濃度 (ppm)	4015	3992	3968	3948	3918	3894	3864	3847	168

表 5：中濃度 CO₂ 在監測箱內濃度變化

時間	08:30	09:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	自然消耗 的 CO ₂
第一次	2330	2331	2320	2335	2319	2309	2324	2307	23
第二次	2608	2630	2628	2596	2600	2571	2525	2575	33
第三次	2580	2569	2530	2543	2520	2499	2498	2481	99
平均濃度 (ppm)	2506	2510	2493	2491	2480	2460	2449	2454	52

表 6：低濃度 CO₂ 在監測箱內濃度變化

時間	08:30	09:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	自然消耗 的 CO ₂
第一次	450	432	435	452	432	432	431	435	15
第二次	460	462	458	445	432	444	440	441	19
第三次	488	486	490	485	479	482	480	481	7
平均濃度 (ppm)	466	460	461	461	448	453	450	452	14

說明與討論

1. 高濃度 CO₂ 在監測箱實驗中，自然流失的 CO₂ 平均值為 168ppm，約為最高值 4015ppm 的 4%。
2. 中濃度 CO₂ 在監測箱實驗中，自然流失的 CO₂ 平均值為 52 ppm，約為最高值 2506ppm 的 2%。
3. 低濃度 CO₂ 在監測箱實驗中，自然流失的 CO₂ 平均值為 14ppm，約為最高值 466ppm 的 3%。
4. 從實驗發現自然流失的 CO₂ 量很少，所以未來放入植物實驗時就不考慮自然流失部份。

二、計算蔓藤植物葉片面積

在方格紙描繪葉片輪廓，再算出葉片總面積，結果如下表。

表 7：高濃度 CO₂ 實驗的葉片數量及面積

植物名稱 葉片	百香果	薔荔	爬牆虎	大鄧伯	炮仗花	忍冬	卵葉馬兜鈴	台灣馬兜鈴	瓜葉馬兜鈴
葉片數量（片）	9	100	6	7	23	34	3	14	31
葉片面積（平方公分）	134.25	74.25	37.50	148.00	317.25	208.00	130.00	119.25	292.50

表 8：中濃度 CO₂ 實驗的葉片數量及面積

植物名稱 葉片	百香果	薔荔	爬牆虎	大鄧伯	炮仗花	忍冬	卵葉馬兜鈴	台灣馬兜鈴	瓜葉馬兜鈴
葉片數量（片）	5	128	6	10	22	31	3	15	19
葉片面積（平方公分）	130.00	141.00	44.00	216.00	310.00	180.00	132.00	149.25	184.00

表 9：低濃度 CO₂ 實驗的葉片數量及面積

植物名稱 葉片	百香果	薔荔	爬牆虎	大鄧伯	炮仗花	忍冬	卵葉馬兜鈴	台灣馬兜鈴	瓜葉馬兜鈴
葉片數量（片）	5	64	6	7	22	27	3	16	19
葉片面積（平方公分）	130.00	102.00	38.25	121.00	312.00	143.00	131.00	138.50	182.00

說明與討論

- 1.高濃度 CO₂ 監測實驗在寒假前進行，經過二十天的時間，再進行中、低濃度 CO₂ 監測實驗。因此，進行中、低濃度監測實驗時，葉子數量會有增減。在實驗前會將新長出的嫩葉或枯黃的葉片剪掉。
- 2.將葉片輪廓描繪在 0.25 平方公分的方格紙上，計算葉片面積的方式為：不足 1 整格但超過 2/3 格的以一格計算，小於 2/3 格的捨去；2 個 1/2 格合計為 1 格，不到 1/3 格的捨去。

三、蔓藤植物在 CO₂ 濃度監測箱內消耗情形

將 CO₂ 及一盆蔓藤植物同時放入監測箱開始進行監測，每小時紀錄 CO₂ 濃度計顯示數據，算出每 1 小時消耗的 CO₂ 量，再除以葉片總面積，就可知道每種蔓藤植物葉片每平方公分每小時消耗的 CO₂ 濃度情形。高、中、低濃度 CO₂ 實驗結果如下表：

(一) 高濃度 CO₂ 實驗結果

表 10：1 天消耗高濃度 CO₂ 情形

植物 \ 時間(時)	08:30 開始	09:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	1 天消耗 的 CO ₂
百香果	3890	3437	3013	2550	2167	1832	1496	1190	2700
薔荔	4035	3606	3232	2942	2688	2468	2308	2153	1882
爬牆虎	3917	3633	3390	3161	2946	2767	2588	2430	1487
大鄧伯	3779	3529	3351	3199	3110	3017	2956	2860	919
炮仗花	3771	3271	2855	2511	2200	2020	1880	1763	2008
忍冬	3900	3217	2820	2476	2121	1823	1529	1268	2632
卵葉馬兜鈴	3864	3433	3004	2536	2196	1862	1674	1500	2364
台灣馬兜鈴	3749	3569	3414	3279	3164	3074	2989	2915	834
瓜葉馬兜鈴	3754	3337	3071	2878	2577	2349	2108	1855	1899

表 11：每小時消耗高濃度 CO₂ 情形

植物 \ 時間(時)	1	2	3	4	5	6	7	平均每小時 消耗的 CO ₂
百香果	453	424	463	383	335	336	306	386
薔荔	429	374	290	254	220	160	155	269
爬牆虎	284	243	229	215	179	179	158	212
大鄧伯	250	178	152	89	93	61	96	131
炮仗花	554	416	344	311	180	140	117	295
忍冬	683	397	344	355	298	294	261	376
卵葉馬兜鈴	431	429	468	340	334	188	174	338
台灣馬兜鈴	180	155	135	115	90	85	74	119
瓜葉馬兜鈴	417	266	193	301	228	241	253	271

表 12：每平方公分葉片每小時消耗高濃度 CO₂ 情形

植物 \ 時間(時)	1	2	3	4	5	6	7	平均每平方公分 每小時消耗的 CO ₂	排序
百香果	3.37	3.16	3.45	2.85	2.50	2.50	2.28	2.87	3
薔荔	5.78	5.04	3.91	3.42	2.96	2.15	2.09	3.62	2
爬牆虎	7.57	6.48	6.11	5.73	4.77	4.77	4.21	5.66	1
大鄧伯	1.69	1.20	1.03	0.60	0.63	0.41	0.65	0.89	7
炮仗花	1.75	1.31	1.08	0.98	0.57	0.44	0.37	0.93	6
忍冬	3.28	1.91	1.65	1.71	1.43	1.41	1.25	1.81	5
卵葉馬兜鈴	3.32	3.30	3.60	2.62	2.57	1.45	1.34	2.60	4
台灣馬兜鈴	1.51	1.30	1.13	0.96	0.75	0.71	0.62	1.00	8
瓜葉馬兜鈴	1.43	0.91	0.66	1.03	0.78	0.82	0.86	0.93	9

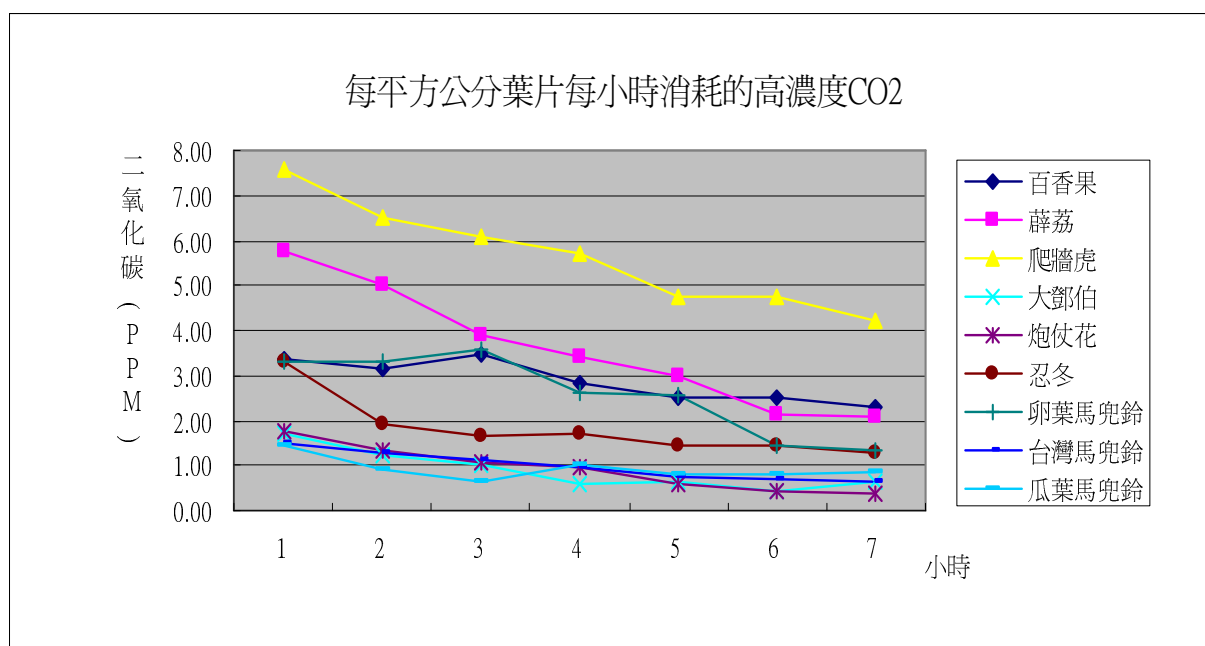


圖 4

(二) 中濃度 CO₂ 實驗結果

表 13： 1 天消耗中濃度 CO₂ 情形

植物 \ 時間(時)	08:30 開始	09:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	1 天消耗 的 CO ₂
百香果	2505	2099	1629	1199	851	593	424	301	2204
薜荔	2421	1953	1554	1218	968	781	627	515	1906
爬牆虎	2625	2502	2360	2230	2131	2000	1936	1862	763
大鄧伯	2644	2344	2098	1852	1599	1372	1207	1055	1589
炮仗花	2423	2008	1611	1282	1019	800	673	592	1831
忍冬	2533	2167	1880	1614	1360	1122	896	752	1781
卵葉馬兜鈴	2366	2086	1815	1595	1420	1263	1144	1034	1332
台灣馬兜鈴	2412	2242	1997	1757	1564	1358	1157	1002	1410
瓜葉馬兜鈴	2514	2235	2074	1773	1556	1317	1145	996	1518

表 14： 每小時消耗中濃度 CO₂ 情形

植物 \ 時間(時)	1	2	3	4	5	6	7	平均每小時 消耗的 CO ₂
百香果	406	470	430	348	258	169	123	315
薜荔	471	399	336	250	187	154	112	273
爬牆虎	123	142	130	99	131	64	74	109
大鄧伯	300	246	246	253	227	165	152	227

炮仗花	415	397	329	263	219	127	81	262
忍冬	366	287	266	254	238	226	181	260
卵葉馬兜鈴	280	271	220	175	157	119	95	188
台灣馬兜鈴	170	245	240	193	206	201	155	201
瓜葉馬兜鈴	279	161	301	217	239	172	149	217

表 15：每平方公分葉片每小時消耗中濃度 CO₂ 情形

時間(時) 植物	1	2	3	4	5	6	7	平均每平方公分 每小時消耗的 CO ₂	排序
百香果	2.13	2.46	2.25	1.82	1.35	0.89	0.64	1.65	3
薜荔	3.34	2.83	2.38	1.77	1.33	1.09	0.79	1.93	2
爬牆虎	2.80	3.23	2.95	2.25	2.98	1.45	1.68	2.48	1
大鄧伯	1.39	1.14	1.14	1.17	1.05	0.76	0.70	1.05	8
炮仗花	1.34	1.28	1.06	0.85	0.71	0.41	0.26	0.84	9
忍冬	2.03	1.59	1.48	1.41	1.32	1.26	1.01	1.44	4
卵葉馬兜鈴	2.12	2.05	1.67	1.33	1.19	0.90	0.72	1.43	5
台灣馬兜鈴	1.14	1.64	1.61	1.29	1.38	1.35	1.04	1.35	6
瓜葉馬兜鈴	1.52	0.88	1.64	1.18	1.30	0.93	0.81	1.18	7

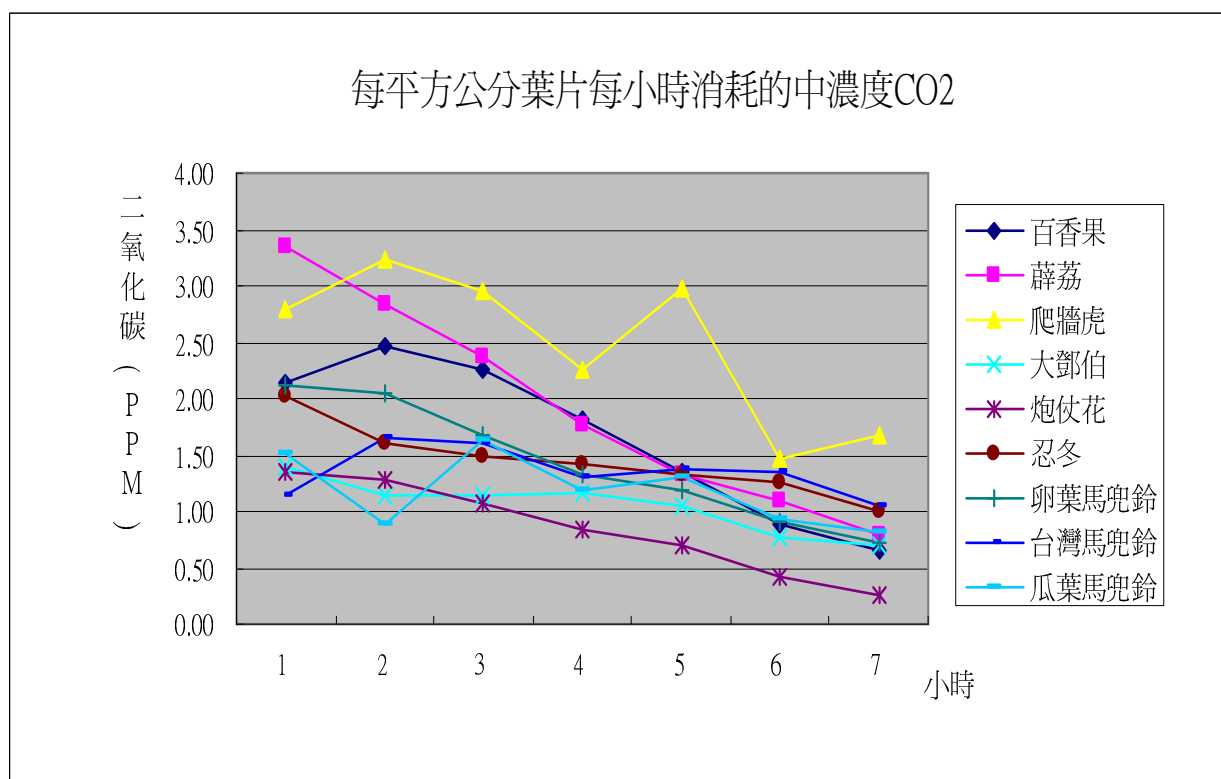


圖 5

(三) 低濃度 CO₂ 實驗結果

表 16：1 天消耗低濃度 CO₂ 情形

植物 \ 時間(時)	08:30 開始	09:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	1 天消耗的 CO ₂
百香果	471	272	187	156	<u>175</u>	146	144	<u>160</u>	311
薔荔	461	332	277	248	234	230	<u>238</u>	<u>252</u>	209
爬牆虎	451	401	389	388	376	371	<u>382</u>	<u>387</u>	64
大鄧伯	489	450	435	431	<u>433</u>	<u>440</u>	432	<u>438</u>	51
炮仗花	450	254	182	165	148	144	<u>145</u>	144	306
忍冬	493	317	224	209	200	198	193	<u>194</u>	299
卵葉馬兜鈴	499	371	300	<u>300</u>	299	<u>299</u>	297	<u>299</u>	200
台灣馬兜鈴	451	334	251	220	218	199	191	<u>201</u>	250
瓜葉馬兜鈴	455	336	272	236	209	192	185	<u>185</u>	270

表 17：每小時消耗低濃度 CO₂ 情形

植物 \ 時間(時)	1	2	3	4	5	6	7	平均每小時 消耗的 CO ₂
百香果	199	85	31	19	29	2	16	44
薔荔	129	55	29	14	4	8	14	30
爬牆虎	50	12	1	12	5	9	5	9
大鄧伯	39	15	4	2	7	8	6	7
炮仗花	196	72	17	17	4	1	1	44
忍冬	176	93	15	9	2	5	1	43
卵葉馬兜鈴	128	71	0	1	0	8	10	28
台灣馬兜鈴	117	83	31	2	19	8	10	36
瓜葉馬兜鈴	119	64	36	27	17	7	0	39

表 18：每平方公分葉片每小時消耗低濃度 CO₂ 情形

植物 \ 時間(時)	1	2	3	4	5	6	7	第 1 小時消耗的 CO ₂ 排序
百香果	1.53	0.65	0.24	0.15	0.22	0.02	0.12	1
薔荔	1.26	0.54	0.28	0.14	0.04	0.08	0.14	3
爬牆虎	1.31	0.31	0.03	0.31	0.13	0.24	0.13	2
大鄧伯	0.31	0.12	0.03	0.02	0.06	0.07	0.05	9
炮仗花	0.63	0.23	0.05	0.05	0.01	0.00	0.00	8
忍冬	1.23	0.65	0.10	0.06	0.01	0.03	0.01	4
卵葉馬兜鈴	0.98	0.54	0.00	0.01	0.00	0.06	0.08	5
台灣馬兜鈴	0.84	0.60	0.22	0.01	0.14	0.06	0.07	6
瓜葉馬兜鈴	0.65	0.35	0.20	0.15	0.09	0.04	0.00	7

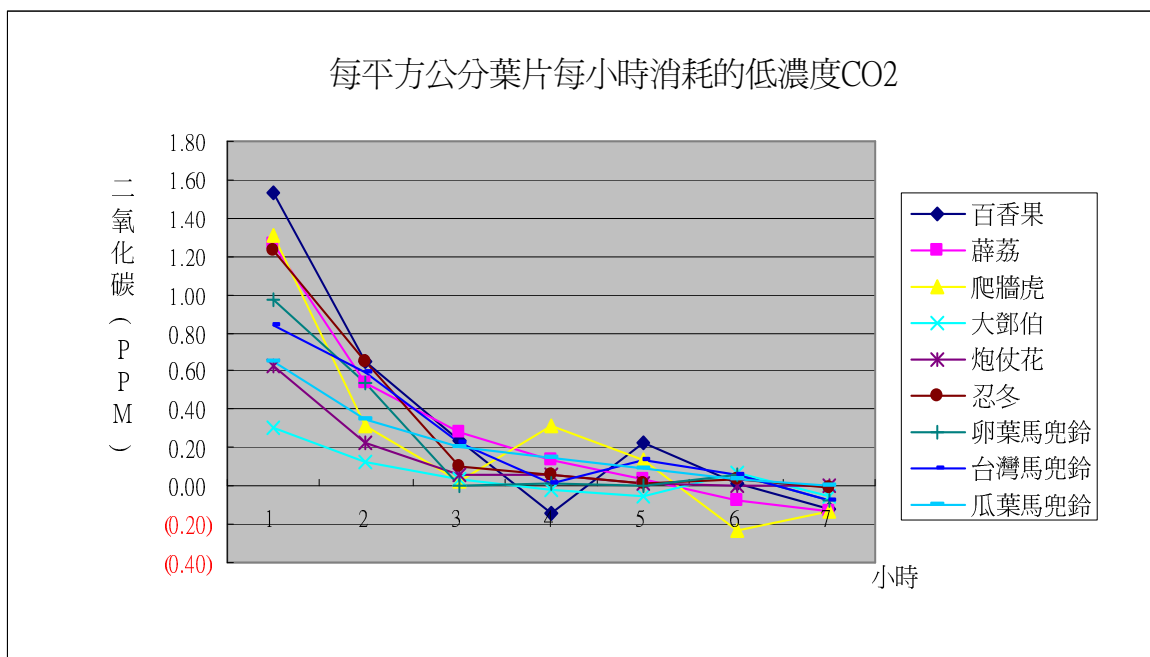


圖 6

說明與討論

- 1.從表 12 及圖 3 發現高濃度 CO₂ 進行實驗，消耗的量最多的是爬牆虎，其次為薜荔、百香果；消耗的量較少的有大鄧伯、台灣馬兜鈴、瓜葉馬兜鈴。
- 2.從表 15 及圖 4 發現中濃度 CO₂ 進行實驗，消耗的量最多的是爬牆虎，其次為薜荔、百香果；消耗的量較少的有炮仗花、大鄧伯、瓜葉馬兜鈴。
- 3.低濃度 CO₂ 實驗，發現有些 CO₂ 不但沒減少，有些甚至增加（紅色數字加底線），這種現象引起我們的熱烈討論。

- (1) 如表 16，大鄧伯、爬牆虎一開始減少的量就不多，從第 2 小時候就沒什麼改變，多數植物從第 3 小時開始到最後消耗量並不明顯，減少量不到 50ppm。
- (2) 依 CO₂ 濃度計說明書，機器本身會有 50ppm±最高濃度 2%的誤差，大鄧伯第 1 小時只消耗 37ppm CO₂，第 2 小時只消耗 15ppm CO₂；爬牆虎第 2 小時只消耗 12ppm CO₂。
- (3) 對於這樣的變化，我們想起教授所說的：「濃度(增)減的淨量＝初時間原濃度－後時間之濃度＝光合作用吸收 CO₂ 量－呼吸作用產生的 CO₂ 量」。這時候濃度不再增減應該就是吸收的 CO₂ 量＝呼吸作用產生的 CO₂ 量。
- (4) 多數葉片第 1 小時後消耗的 CO₂ 並沒有明顯改變，如果取 7 小時的平均值將會低估每片葉子吸收的 CO₂ 量。思考後決定取第 1 小時的數據作為蔓藤植物葉片每平方公分每小時消耗【低濃度 CO₂】的實驗數據。
- (5) 從表 18 及圖 5 發現以低濃度 CO₂ 進行實驗，消耗的量最多的是百香果，其次為爬牆虎，薜荔；消耗的量較少的有大鄧伯、炮仗花、瓜葉馬兜鈴。

五、研究結果

(一) 葉片顏色較深的蔓藤植物減碳效果較佳

- 1.根據蔓藤植物減碳情形排序，爬牆虎、薜荔、百香果的減碳效果較佳；忍冬、卵葉馬

兜鈴、台灣馬兜鈴次之；瓜葉馬兜鈴、炮仗花、大鄧伯較弱。

2.經過觀察比較，發現葉片顏色較深的蔓藤植物減碳效果較佳，葉片顏色淺的植物減碳效果較弱（圖 7）。查資料瞭解葉片顏色愈深，葉綠素含量愈多，光合作用速率愈高。

表 19：蔓藤植物減碳情形排序

實驗用植物 CO ₂ 濃度	百香果	薜荔	爬牆虎	大鄧伯	炮仗花	忍冬	卵葉馬兜鈴	台灣馬兜鈴	瓜葉馬兜鈴
高濃度減碳排序	3	2	1	9	8	4	5	6	7
中濃度減碳排序	3	2	1	8	9	4	5	6	7
低濃度減碳排序	1	3	2	9	8	4	5	6	7



圖 7：蔓藤植物減碳效果和葉片顏色深淺有關

(二) CO₂ 濃度增加蔓藤植物減碳效果也隨之增加，但濃度過高植物葉片會枯焦

1. 當 CO₂ 的濃度從低濃度、中濃度再增至高濃度，蔓藤植物減碳效果也隨之增加，像爬

牆虎、薜荔、百香果、忍冬、卵葉馬兜鈴。台灣馬兜鈴、瓜葉馬兜鈴、炮仗花、大鄧伯從低濃度到中濃度減碳效果會增加，但增至高濃度時，減碳效果不明顯。

2. 大鄧伯在高濃度 CO₂ 實驗後，葉片周圍有枯焦情形（如圖 7），可見 CO₂ 濃度過高會傷害植物葉片。

表 20：蔓藤植物消耗不同濃度 CO₂ 情形

實驗用植物 不同 CO ₂ 濃度	百香果	薜荔	爬牆虎	大鄧伯	炮仗花	忍冬	卵葉馬 兜鈴	台灣馬 兜鈴	瓜葉馬 兜鈴
低濃度（450ppm）	1.53	1.26	1.31	0.31	0.63	1.23	0.98	0.84	0.65
中濃度（2500ppm）	2.13	3.34	2.8	1.39	1.34	2.03	2.12	1.14	1.52
高濃度（4000ppm）	3.37	5.78	7.57	1.69	1.75	3.28	3.32	1.51	1.43

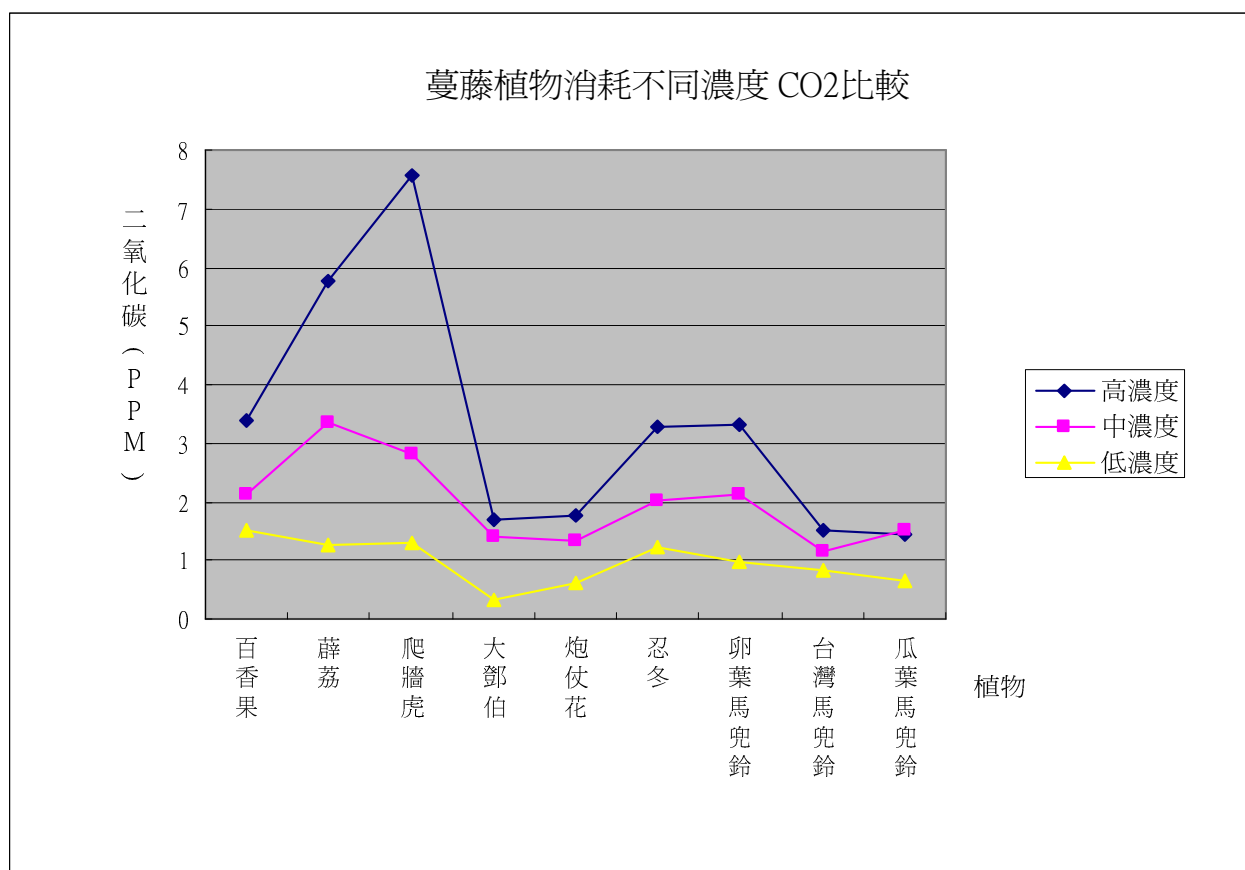


圖 8

陸、結論

- 一、我們研究的 12 種蔓藤植物的攀爬類型有，蔓莖纏繞、吸盤吸附、不定根吸附、捲鬚加蔓莖纏繞及依附它物攀援。
- 二、建議我們學校綠化鋁花格牆可以種植蔓莖或捲鬚纏繞的植物，例如百香果、炮仗花、大鄧伯、忍冬、馬兜鈴。
- 三、不建議學校種植爬牆虎、薔荔。因為用吸盤或不定根吸附的植物可以爬在粗糙面的牆壁堤防上，並無法爬在一格一格的鋁牆上。
- 四、在鋁花格牆上加上竹子，有助於百香果等攀爬；加上繩子有助於瓜葉馬兜鈴攀爬；但對大鄧伯的攀爬並無幫助，是否加竹子或繩子並無一致性結果，還是須視物種而定。
- 五、蔓藤植物葉片顏色較深的減碳效果較佳，葉片顏色淺的減碳效果較差。原因是葉片顏色愈深，葉綠素含量愈多，光合作用速率愈高。所以我們未來可以輕易的從葉片顏色推估植物消耗二氧化碳情形。
- 六、CO₂ 的濃度從低增至高濃度，葉片顏色較深的植物減碳效果也會增加；葉片顏色較淺的減碳效果增加不明顯。顏色淺的大鄧伯在高濃度 CO₂ 下葉片周圍會枯焦，由此可知過高的 CO₂ 會傷害植物。連需要 CO₂ 行光合作用的植物都受不了，人類真的要積極減碳了。
- 七、許多學校機關也有緊鄰車道的鋁花格或鐵柵欄圍牆，建議種植的蔓藤植物類型可參考我們的研究結果，選擇蔓莖纏繞的常綠植物來綠化。
- 八、如果是要淨化空氣，像車道或學童活動量大的地方，可以考慮種植葉片顏色深的植物，如，爬牆虎、薔荔來減少大量的二氧化碳。

柒、未來想做的研究

我們覺得這個實驗很有趣，發現還可以繼續延伸下去做許多實驗：

- 一、對同一棵植物不同時期葉片（嫩葉、成熟葉、老葉）進行減碳監測，比較減碳效果。
- 二、對同一棵植物不同時間（早上、中午、下午、晚上）進行減碳監測，比較減碳效果。
- 三、實際到戶外對著葉片監測試試看。
- 四、蔓藤植物、水生植物的減碳效果會不會類似。

捌、參考資料

- 一、鄭元春，2000，蔓藤花，教育部兒童讀物出版資金管理委員會。
- 二、薛聰賢編著，1993，台灣花卉實用圖鑑（第 6 輯），薛氏家庭園藝出版社。
- 四、朱廣廉等編，1994，植物生理學實驗，淑馨出版社。
- 五、郭明朱等六人，1978，攀援莖植物的生態觀察，中華民國 18 屆中小學科學展覽作品。
- 六、徐怡德等三人，1986，爬牆虎的秘密，中華民國 26 屆中小學科學展覽作品。
- 七、張慧君等十二人，1988，光合作用的藝術，中華民國 27 屆中小學科學展覽作品。
- 八、莊景祥等四人，1993，水族世界的光合作用，中華民國 33 屆中小學科學展覽作品。

- 九、陳培思等四人，1994，水蘊草行光合作用探討，中華民國 34 屆中小學科學展覽作品。
- 十、彭佳怡等四人，1999，溫室效應終結者—窺探水生植物光合作用的奧秘，中華民國 39 屆中小學科學展覽作品。
- 十、植物資料庫（2009 年 3 月 1 日）。台北植物園資訊網。民 98 年 3 月 1 日，取自：
http://tpbg.tfri.gov.tw/plants/Plants_1.aspx

捌、研究心得

老師說科展研究過程就是：「發現問題，解決問題，又發現問題，又解決問題…的過程！」在 6 個月的觀察實驗中，我們反覆經歷「解決難題」的困境，像製作濃度監測箱就讓我們想了又想，一改再改才設計出來；植物被球打斷、枯死怎麼測量；調製出來的二氧化碳濃度太高或太低；植物亂長怎麼測量呢…許多問題常讓我們垂頭喪氣，甚至產生放棄的想法。還好老師說的一句話讓我們安心——「這就是研究！一定可以解決的！」

我們四個人像患難兄弟姐妹，除了要完成班級的學業，每天定時到綜合球場外照顧和觀察我們的蔓藤植物、還要每小時到隔壁的實驗室監測二氧化碳濃度的變化，生活變得充實又忙碌。但也因此我們四個人和老師的心卻連在一起，我們的感情也像蔓藤植物攀爬在鋁花格牆上一樣，依附在一起。

一切的辛苦，在研究結果出爐後，又化為喜悅的笑容！更高興的是，校長已經依照我們的實驗結果種了 13 種蔓藤植物，共 260 棵，他說預計 5 年內可以看到整片綠牆。我們真是太帥了！接下來我們的工作就是繼續研究，繼續照顧鋁花格牆的植物，因為它就像我們的孩子，以後我畢業了還要回來看他！

【評語】 080821

本作品的構想源自於校園環境觀察作者提出值得探究的問題，設計觀察，實驗方法，研究過程遭遇困難，作者能努力尋找解決對策，充分表現科學探究精神，所研究主題符合當前環保議題，研究結果具有應用參考價值。