

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生物(生命科學)科

040701

焚風對於豌豆玉米及水稻幼苗生長的影响

學校名稱： 國立鹿港高級中學

作者： 高二 王維綱 高二 黃詩涵	指導老師： 施瀚幃 謝榮昌
-------------------------	---------------------

關鍵詞：焚風、蒸散作用、泌液現象

摘要

本實驗針對三種臺灣常見經濟作物(玉米、水稻、豌豆)以吹風機作熱風處理(風速分別為1m/s 及 0.5m/s，上升溫度約至 40°C)，間接探討焚風對於植物幼苗生長過程及生理的影響。三種植物的幼苗在 1m/s 的風速吹拂下，豌豆、玉米和水稻葉片呈現枯黃現象。蒸散作用僅在玉米幼苗熱風處理組(1m/s 及 0.5m/s)有發現加快的情形，而且由氣孔印模法得知此加快情形並非在熱風處理後 30 秒即發生改變，此外在豌豆並無發現蒸散作用明顯改變情形。泌液現象之咖啡色泌液僅在玉米幼苗熱風處理組(1m/s)發現，且其成分非脫鎂葉綠素，泌液之 pH 值呈偏酸性。花青素累積僅在玉米幼苗發現，於高速熱風處理組(1m/s)，花青素累積於枯黃部位的邊緣及葉尖；於低速熱風處理組(0.5m/s)，花青素累積於葉尖並且葉片無枯黃情形。

壹、研究動機

民國九十四年七月中下旬，第五號颱風-海棠颱風，為臺灣帶來了強勁的風勢與豐沛的雨勢。除了強烈的風勢與豐沛的雨勢，颱風過境後的學校校園、路旁、稻田裡的植物也受到焚風的傷害，株株凋零枯萎。接著在八月、九月颱風過後，我們同樣也觀察到焚風接連出現在臺灣許多縣市鄉鎮，造成重要經濟農作物的損害，如台東地區的釋迦表皮出現黑色的壞死斑點、彰化地區的花卉焦黃枯死。此外，在高二上學期生命科學課程中第三章蒸散作用，我們學習到蒸散作用會受到許多因素的影響，其中包含了光、風、溫度與濕度等等。而焚風主要特徵為強風、高溫、低濕度，因此我們極欲了解焚風對於植物生長的影響，設計以吹風機不同風速的熱風對植物幼苗處理，來模擬焚風處理，探討植物生理及形態上的改變情形。

貳、研究目的

- 一、觀察植物幼苗在熱風處理後，植物形態改變的情形。
- 二、植物幼苗處理熱風後，探討生長速度延遲或促進的改變情形。
- 三、植物以熱風處理後，探討蒸散作用及氣孔開閉改變的情形。
- 四、熱風處理後，探討植物幼苗葉片植物色素含量的改變。

參、材料與方法

一、實驗材料

豌豆(由種子店購買，抗白 30)
玉米(臺農一號)
水稻(臺農六十七號)

二、藥品

氯化亞鈷試紙	指甲油	乙醇
甲醇	濃鹽酸	乙酸乙酯
正己烷		

三、實驗器材

研鉢	燒杯	滴管
尺	滴管	量筒
濾紙	秤量紙	培養皿
溫度計	蓋玻片	載玻片

四、儀器

綜合氣象儀(OTA KEIKI SEIKUSHO CO., LTD)

微電腦分光光度計(GeneSys™ 20 Spectrophotometer)

烘箱

4°C 冰箱

微量電子天秤

光學複式顯微鏡

數位相機

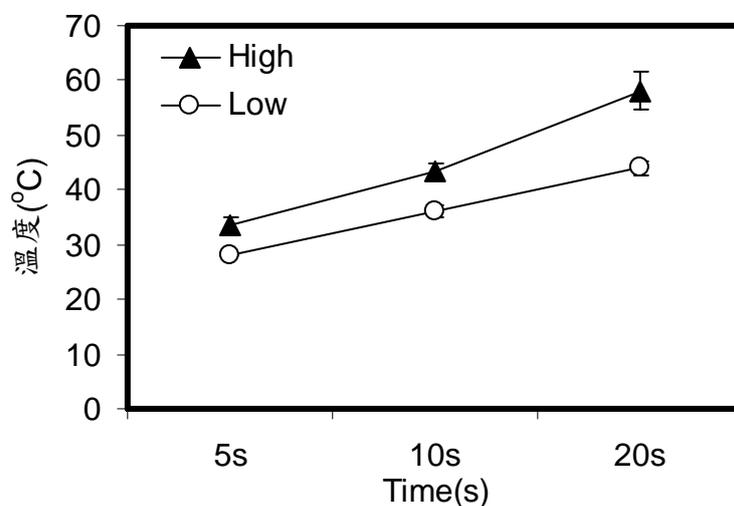
肆、研究過程與方法

一、植物栽植

將玉米、豌豆、水稻種子以自來水「流洗浸泡 24 小時」(若無流洗採直接浸泡於自來水中，隔日種子浸泡液會呈現混濁，加上流洗步驟則不會有混濁現象)。次日將種子均勻播種於裝有培養土之培養皿中，並覆上一層薄土。播種後將植物置於生物實驗室實驗桌(桌上裝有日光燈燈管，避免受到太陽光向光性影響而使得植株呈現彎曲現象)。不論在熱風處理後或熱風處理前，我們固定於每日早上七點半到九點之間澆水。

二、吹風機熱風溫度測量

將水銀溫度計黏著於木板上，吹風機垂直於溫度計底端 5 公分。以不同風速(High 及 Low)對準底端吹拂不同時間(5、10、20 秒)，每吹拂一次之後馬上將溫度計置於裝有室溫自來水的燒杯中，待溫度降至室溫再測一次，重覆三次，計算上升的溫度(如下圖)。由下圖得知，High 吹 10 秒與 Low 吹 20 秒所上升的最終溫度都是在 40°C 左右，因此我們取這一個上升溫度值來做測試，以下用 High 吹 10 秒簡稱 High 組，用 Low 吹 20 秒簡稱 Low 組。



三、吹風機風速測量

吹風機(距離 5 公分)對準綜合氣象儀(如下圖)之轉輪吹拂，在儀表板上觀察 High 吹拂 10 秒、Low 吹拂 20 秒之風速大小。測量結果為 High 吹拂 10 秒，風速為 **1m/s**；Low 吹拂 20 秒，風速為 **0.5m/s**。



四、熱風處理

十日後測量每一株植物幼苗長度，之後我們尚有種植第二批及第三批植物，測試的時間點以第一批植物的高度為基準，以確定每一批植物都是在相同生長時期。將植物幼苗置於木板前，吹風機以 High 及 Low 兩種不同速度，距離植物幼苗 5 公分，分別吹拂 10 秒及 20 秒。十天大的豌豆幼苗及玉米幼苗較高，因為我們取「由植物幼苗最頂端及往下計算約 5 公分之間」作熱風處理。熱風處理可分為三組：控制組、熱風 High 速處理 10 秒、熱風 Low 速處理 20 秒。

五、蒸散作用測試及葉片含水量計算

吹風機熱風處理後，馬上(30 秒內)在處理部位的葉片上、下表皮黏貼乾燥氯化亞鈷試紙(藍色)，持續觀察記錄控制組、熱風 High 處理組及熱風 Low 處理組葉片上、下表皮之氯化亞鈷試紙完全變成粉紅色所需時間。

熱風處理四天後，剪取處理部位的葉片秤其重量為鮮重(Wf)，再拿到烘箱中以 80°C 烘乾，秤其重量為乾重(Wd)，葉片含水量(%)=[(Wf-Wd)/Wf]x100%。

六、印模法觀察氣孔

吹風機熱風處理後，馬上(30 秒內)在玉米幼苗處理部位的葉片上、下表皮塗上指甲油，等指甲油乾了之後，將指甲油撕下並置於載玻片上，滴上一滴水，蓋上蓋玻片，再以光學複式顯微鏡觀察，並以數位相機對準目鏡，在 10(目鏡)x40(物鏡)倍的條件下拍攝氣孔的形態。

七、泌液作用觀察及相關試驗

熱風處理二天後取玉米葉子尖端的泌液，先以數位相機拍攝泌液作用的情形及泌液顏色，再來第一步將泌液取下滴在濾紙上觀察顏色之異同，本步驟為再確認一次顏色是否真有差異；第二步將泌液滴在廣用試紙上，觀察大範圍的 pH 值改變；第三步將泌液滴在酚酞試紙上，觀察小範圍的 pH 值改變。

八、葉綠素萃取及定量

葉綠素萃取及定量參考 Knudson et al.(1977)的方法。將植物幼苗的葉片剪下來，置於裝有 5ml 乙醇的長試管中，並蓋上軟木塞置於室溫下，隔日再加入 5ml 的乙醇，並用手搖晃振盪一分鐘，蓋上軟木塞再置於室溫下一日。待植物葉片完全呈現白色之後(代表葉綠素完全溶出)，將葉片夾起，擦拭乾淨之後置於烘箱之中以 70°C 烘乾，再秤量葉片乾重。溶於乙醇之中的葉綠素溶液則留待定量用。

將微電腦光電比色計(如下圖)開機，暖機三十分鐘之後，調整波長為 665nm、649nm，選取穿透值(T%)或吸收值(Absorbance)，在此我們選擇吸收值。取葉綠素萃取液乙醇當作空白組(Blank)，置於光電比色管中再讀取校正為吸收值為 0，最後依序

讀取每一管葉綠素萃取液的吸收值。每一次調整波長之後，就要重新讀取 Blank 校正為 0。

葉綠素 a 及 b 含量計算如下：

$$\mu\text{g Chl a/ml solution} = (13.70)(A_{665\text{ nm}}) - (5.76)(A_{649\text{ nm}})$$

$$\mu\text{g Chl b/ml solution} = (25.80)(A_{649\text{ nm}}) - (7.60)(A_{665\text{ nm}})$$

上述值最後除以葉片乾重，即得每 g 植物組織所含葉綠素含量。



九、花青素萃取及定量

花青素萃取及定量參考 Sims et al.(2002)的方法。將植物幼苗的枯紅葉片剪下來，置於裝有 7ml 萃取液(methanol:HCl:water=90:1:1, vol:vol:vol)的試管中，並蓋上軟木塞置於 4°C 冰箱 2 天，並用手搖晃振盪一分鐘，待植物葉片完全呈現白色之後(代表花青素完全溶出)，將葉片夾起，擦拭乾淨之後置於烘箱之中以 70°C 烘乾，再秤量葉片乾重。溶於萃取液之中的花青素溶液則留待定量用。

將微電腦光電比色計(如下圖)開機，暖機三十分鐘之後，調整波長為 529nm、650nm，選取穿透值(T%)或吸收值(Absorbance)，在此我們選擇吸收值。取花青素萃取液當作空白組(Blank)，置於光電比色管中再讀取校正為吸收值為 0，最後依序讀取每一管葉綠素萃取液的吸收值。每一次調整波長之後，就要重新讀取 Blank 校正為 0。花青素含量計算如下：

$$AA = A_{529} - (0.288A_{650})$$

$$\text{Absorbance} = \epsilon bc \quad (\epsilon : \text{消光係數, 花青素消光係數為 } 30000 \text{ l mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}; b : \text{光徑長}; c : \text{濃度})$$

上述值最後除以葉片乾重，即得每 g 植物組織所含花青素含量。

十、濾紙薄層色層分析(Thin Layer Chromatography)

將玉米幼苗咖啡色泌液、綠葉萃取液、枯紅葉萃取液(因為泌液主要成分為水，因此我們以水直接研磨綠色及枯紅的葉子)。將液體分幾次點在長條濾紙上，每點一次即立刻用吹風機吹乾，各點三次烘三次，待完全乾燥之後置於燒杯的展開液中(乙酸乙酯:正己烷=1:1, vol:vol)，展開液高度不可高於色素點的高度，將燒杯以玻璃蓋蓋上並完全密封，數分鐘之後，待展開液至停止線即可停止。

伍、研究結果

一、豌豆幼苗熱風處理後之改變情形

(一)形態

十天大的豌豆幼苗以熱風處理，在一小時之後即可觀察到處理部位枯萎的情

形，由此可判斷葉片水分散失，葉片因此枯萎。四天之後(圖 1)，High 處理組葉片明顯枯萎，且枯萎的情形沿著葉脈周圍開始；Low 處理組則部分枯萎，枯萎情形較不嚴重，有些甚至沒有枯萎。

熱風處理之後，頂端生長的組織漸漸枯萎死亡，側芽會開始快速的生長(如圖 2 之 A、C、D)；若頂端生長組織能存活下來，則頂端優勢依然存在(圖 2 之 B)。

(二)蒸散作用及葉片含水量

熱風處理之後，我們馬上在處理部位的葉片上、下表皮貼上乾燥藍色的氯化亞鈷試紙，由結果來看(圖 3.A、B)，上、下表皮的蒸散作用並無明顯的改變，僅下表皮 Low 組比 High 組稍快(圖 3.B)。就葉片含水量來看(圖 3.C)，熱風處理後四天，High 組的葉片含水量比控制組及 Low 組減少約 10%，此結果可證明葉片的確喪失水分，使得葉片缺乏水分，發生枯萎的現象。

(三)葉綠素含量

熱風處理後七天，High 組的葉片葉綠素 a 及葉綠素 b 含量(圖 4)比控制組及 Low 組減少，此結果可證明葉片喪失水分之後，發生枯萎的現象，而葉綠素含量減少，此結果與葉片含水量的結果一致。

二、玉米幼苗熱風處理後之改變情形

(一)形態

十天大的玉米幼苗以熱風處理，一小時之後 High 組處理部位的葉片已發生枯萎。四天及七天之後植株高度並無太大差異，僅控制組植株較 High 組及 Low 組高約 2~3 公分(圖 11)。此外，熱風處理組的玉米幼苗泌液現象及花青素累積在葉片尖端或枯黃部位邊緣，以下將分別討論之。

(二)蒸散作用及氣孔觀察

由圖 5 之 A、B 得知，熱風處理玉米幼苗後馬上測量蒸散作用，High 組及 Low 組的蒸散速率較控制組來得快，以幫助植物散熱，調節體溫恆定。此外，我們想藉由印模法得知熱風處理後氣孔的開關情形，進而證明蒸散作用是在熱風處理完後，氣孔馬上打開還是氣孔慢慢打開排除水氣？由圖 6 得知，無論上、下表皮的氣孔都是關閉的情形，僅在 Low 組的下表皮發現幾個氣孔有些微打開的情形。因此，我們可以推論玉米幼苗的氣孔在熱風處理之後三十秒內並沒有馬上打開。

就葉片含水量來看(圖 3.C)，熱風處理後四天，High 組的葉片含水量比控制組及 Low 組減少約 9%，此結果可證明葉片的確喪失水分，使得葉片缺乏水分，發生枯萎的現象。

(三)泌液現象

熱風處理之後，我們依然在次日早上澆水，澆水之後意外發現 High 組泌液現象出現的液體呈現淡褐色或咖啡色(圖 8 之 C、D、E)，而控制組(圖 8 之 A)及 Low 組(圖 8 之 B)出現的液體為透明無色。這些咖啡色的泌液在水分蒸發之後會有殘留的斑塊留於泌液滲出部位(排水孔)的邊緣(圖 9)，所以我就對於這些咖啡色泌液的成分產生興趣，想一探究竟。因此我們取 High 組的咖啡色泌液做顏色及 pH 值分析，圖 10 顯示 High 組的泌液在濾紙上是呈現褐色、廣用試紙大範圍 pH 值測試呈現 5.0~6.0 之間、酚酞試紙上小範圍的 pH 值改變約在 5.0~5.2 之間。另外取綠葉萃取液、紅葉萃取液及咖啡色的泌液作薄層色層分析(TLC)(圖 13)，綠葉萃取液及紅葉萃取液皆有葉綠素區塊，此外我們所使用的濾紙不夠長，因此無法呈現出

葉綠素 a、b 及葉黃素的分布色塊，但在此我們可以確定咖啡色泌液之中的物質不包含葉綠素 a、葉綠素 b、葉黃素及葫蘿蔔素。

(四)花青素累積

圖 11 顯示玉米植株在處理熱風之後，High 組植株的花青素累積於葉片尖端、受傷枯黃組織旁的組織，Low 組植株的花青素累積於葉片尖端，不論 High 組或 Low 組植株，花青素累積情形皆隨天數而增加。圖 12 之 A 顯示控制組、Low 組及 High 組植株葉片花青素萃取液的顏色，圖 12 之 B 為花青素含量比較，熱風處理四天後 Low 組及 High 組的花青素含量約為 2nmol/g dry weight，含量約為控制組的 20 倍；熱風處理七天後，Low 組的花青素含量是控制組的 40 倍，High 組的花青素含量是控制組的 120 倍、Low 組的 3 倍，由此得知玉米幼苗葉片在 Low 的風速吹拂下(0.5m/s)，花青素會累積，且在葉片沒有枯黃的情形下產生；而 High 組以 1m/s 的速度吹拂，玉米植株除了受到傷害而枯黃，使得花青素累積在兩種部位，第一在葉片尖端，第二在枯黃部位的邊緣，而且花青素累積速度也較快，Low 組四天到七天之間累積了 2 倍，而 High 組則累積了 6 倍。

(五)葉綠素含量

十天大的玉米幼苗處理熱風之後，僅 High 組的葉綠素 a 及葉綠素 b 含量減少，Low 組則與控制組相同，無差異(圖 7)。

三、水稻幼苗熱風處理後之改變情形

(一)形態

十天大水稻幼苗處理熱風之後，High 組及 Low 組的水稻幼苗會有部分曲折的情形，此曲折情形發現於葉片與莖桿交接處，且植株顏色也會偏黃(圖 14)。

(二)生長情形

因水稻幼苗太小，無法使用氯化亞鈷試紙進行蒸散作用的測量，而且十天大水稻幼苗並未打開第一片真葉，因此我們計算第一片真葉與第二片真葉的展開及抽出的情形來觀察水稻幼苗處理熱風之後的生長過程。圖 15 指出熱風處理後生長高度的比例依序為控制組 > Low 組 > High 組，在第八天時，Low 組的植株高度是 High 組的 1.5 倍，控制組的植株高度是 High 組的 2 倍。此外，熱風處理後第 4 天，控制組第一片葉片並無枯萎的情形(圖 16 之 A)，控制組第二片真葉已有 90% 以上抽出且呈現綠色健康的情形(圖 16 之 B)，並且控制組在第八天時，第二片葉片已完全展開(圖 16 之 D)。而 Low 組及 High 組在熱風處理第四天後，第一片皆有 60% 及 90% 的枯黃情形(圖 16 之 A)；第二片真葉抽出及展開的時間較為緩慢，並且枯黃的比例 High 組較 Low 組來得高(圖 16 之 B~E)。控制組、Low 組及 High 組第一片真葉及第二片真葉呈現枯萎及健康的百分比如表一所示。

(三)葉綠素含量

十天大水稻幼苗處理熱風之後，High 組水稻幼苗的葉綠素 a 含量降低，而 High 組及 Low 組的水稻幼苗葉綠素 b 含量也降低(圖 17)。

陸、討論

一、豌豆、玉米及水稻幼苗以熱風處理後型態之比較

豌豆幼苗在熱風處理後，High 組葉脈周圍組織開始枯黃。玉米及水稻水苗在熱風處理後，High 組皆呈現枯黃的情形，僅有玉米 High 組及 Low 組會有花青素累積，水稻並無觀察到此一現象。由此可知，豌豆幼苗在葉脈周圍開始枯黃，表示葉脈是豌豆受傷害最敏感的地方；玉米在葉尖累積花青素，葉尖是玉米的最敏感處；水稻曲折部位則位於葉片與莖桿交接處，因此此部位為未展開葉子水稻幼苗敏感部分，這個情形與田裡面水稻植株的情形不同，我們觀察到田裡面葉子完全展開的水稻植株枯黃部位為葉尖。

二、蒸散作用之探討

圖 3 我們可以發現豌豆幼苗熱風處理完後，蒸散作用的速率並無明顯的改變，而四天之後葉片含水量在 High 組減少了 10%。理論上，吹完熱風之後，葉片蒸散作用應發生改變，但在我們的結果之中並沒有觀察到這種情形。我們推測豌豆幼苗熱風處理之後，蒸散作用可能產生極細微的改變，而利用氯化亞鈷試紙法較為粗略，第一、時間掌控，第二、氯化亞鈷試紙易受空氣中濕度影響，因此有待利用更精密的方法來測量蒸散作用。此外，我們黏貼氯化亞鈷試紙的部位是熱風處理的部位，有可能在其餘葉片的蒸散作用也發生改變，幫助植物體調節體溫恆定。

玉米幼苗在處理熱風之後，High 組及 Low 組的蒸散作用速率明顯增快，因此可推測玉米幼苗與豌豆幼苗在熱風處理後，玉米蒸散作用的速率較快，但是由印模法得知玉米氣孔打開的情形並不是在熱風吹拂之後一瞬間馬上打開。

三、熱風處理後泌液現象之探討

本實驗僅玉米及水稻幼苗有泌液現象，但是在熱風處理僅玉米幼苗泌液現象之泌液在 High 組呈現咖啡色，水稻泌液現象之泌液卻是呈現透明，此一現象我們尚且無法說明原因，有待更進一步研究。此外玉米幼苗之咖啡色泌液 pH 值較控制組及 Low 組呈酸性。我們由平常家中煮菜觀察發現脫鎂的葉綠素呈現褐色，我們就想測試泌液之中是否含有葉綠素，由薄層色層分析得知泌液所含物質不是葉綠素，至於泌液是所含何種物質使得泌液呈現咖啡色，則有待進一步研究分析。

四、熱風處理後花青素含量探討

許多文獻指出逆境下花青素會有累積的情形(王強生等人，2004)，花青素的累積也會受到細胞內 pH 值改變的影響。本實驗僅在玉米幼苗有發現花青素累積的情形，此外由泌液現象之咖啡色泌液的 pH 值改變發現玉米幼苗處理部位葉片細胞內的 pH 值發生些微的改變，在 Low 組的改變不明顯，在 High 組的改變明顯變酸，因此可能造成 High 組的花青素累積含量較多，累積的速率也較快。

柒、結論

本實驗以豌豆、玉米及水稻三種幼苗進行兩種不同速度的熱風(1m/s 及 0.5m/s)處理之後，三种植物的幼苗在 1m/s 的風速吹拂下，豌豆在葉脈周圍先呈現枯黃、玉米在葉片及葉尖呈現花青素累積且枯黃、水稻也呈現枯黃並有幼苗曲折的現象。蒸散作用僅在玉米幼苗熱風處理組有發現加快的情形，而且由氣孔印模法得知此加快情形並非在熱風處理後 30 秒即發生改變，在豌豆並無發現明顯改變情形。泌液現象之咖啡色泌液僅在玉米幼苗熱風處理組(1m/s)發現，且其成分非脫鎂葉綠素，pH 值呈偏酸性。花青素累積僅在玉米幼苗發現，在熱風處理組(1m/s)，花青素累積於枯黃部位的邊緣及葉尖；在熱風處理組(0.5m/s)，花青素累積於葉尖並且葉片無枯黃情形。

捌、參考資料及其它

王強生、唐天仁、黃靖雯、邱銘凰、廖仁盟、吳宜娟等人 (民 93)。大豆種皮色素基因之選殖及應用。彰化花卉博覽會花卉新科技海報展專刊。

Knudson, L. L., Tibbitts, T. W., & Edward, G. E. (1977). Measurement of Ozone Injury by Determination of Leaf Chlorophyll Concentration. *Plant Physiol*, 60, 606-608.

Sims, D. A., & Gamon, J. A. (2002). Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote Sensing of Environment*, 81, 337-354.

拾、附圖

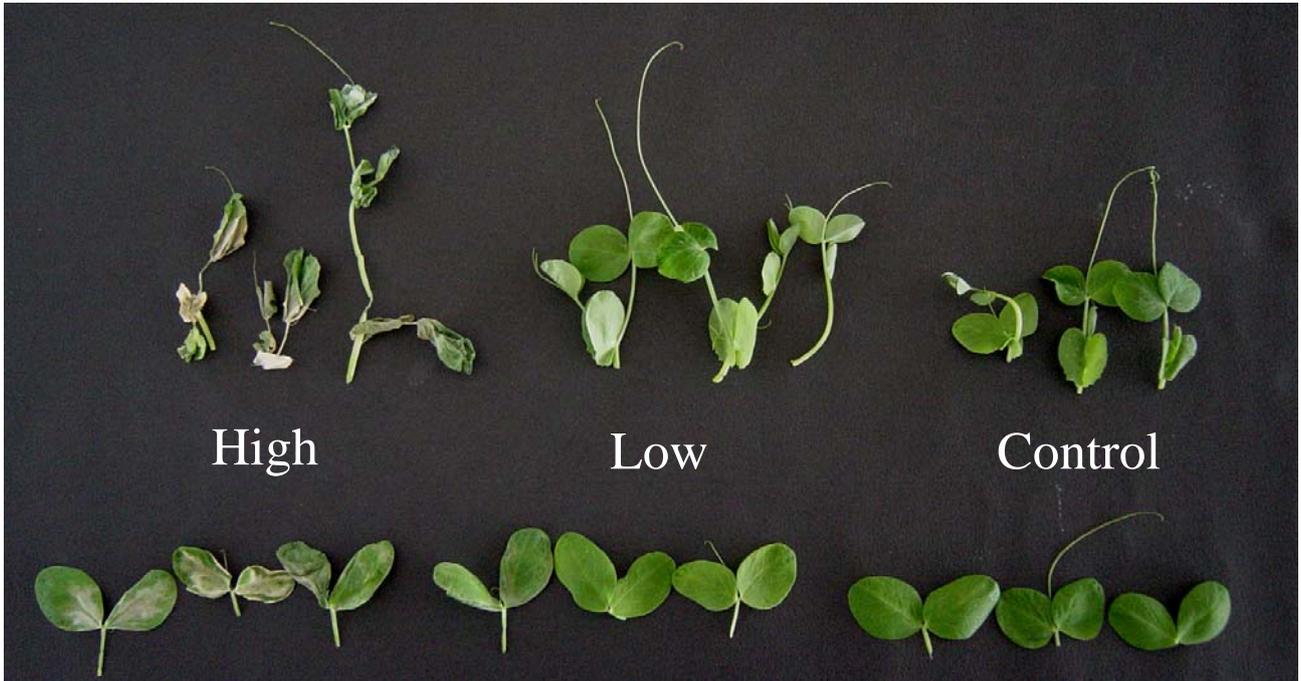


圖 1.10 天大的豌豆幼苗以熱風處理，四天後剪處理部位的葉片，觀察葉片形態。

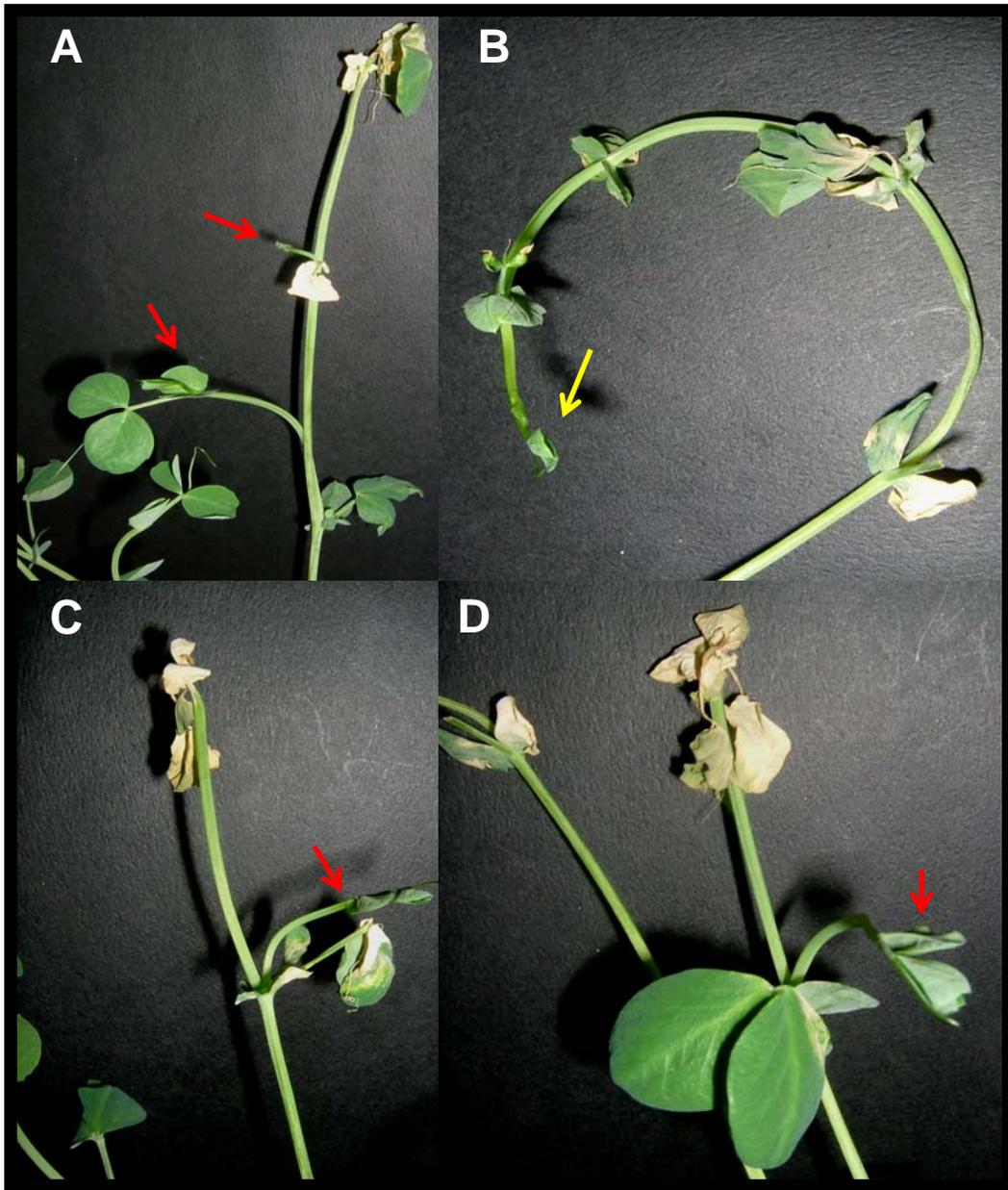


圖 2.10 天大的豌豆幼苗以熱風處理，8 天後觀察到頂芽若枯萎，側芽會開始旺盛生長(圖 A、C、D)，而頂芽若沒枯萎，則頂芽持續生長(圖 B)。

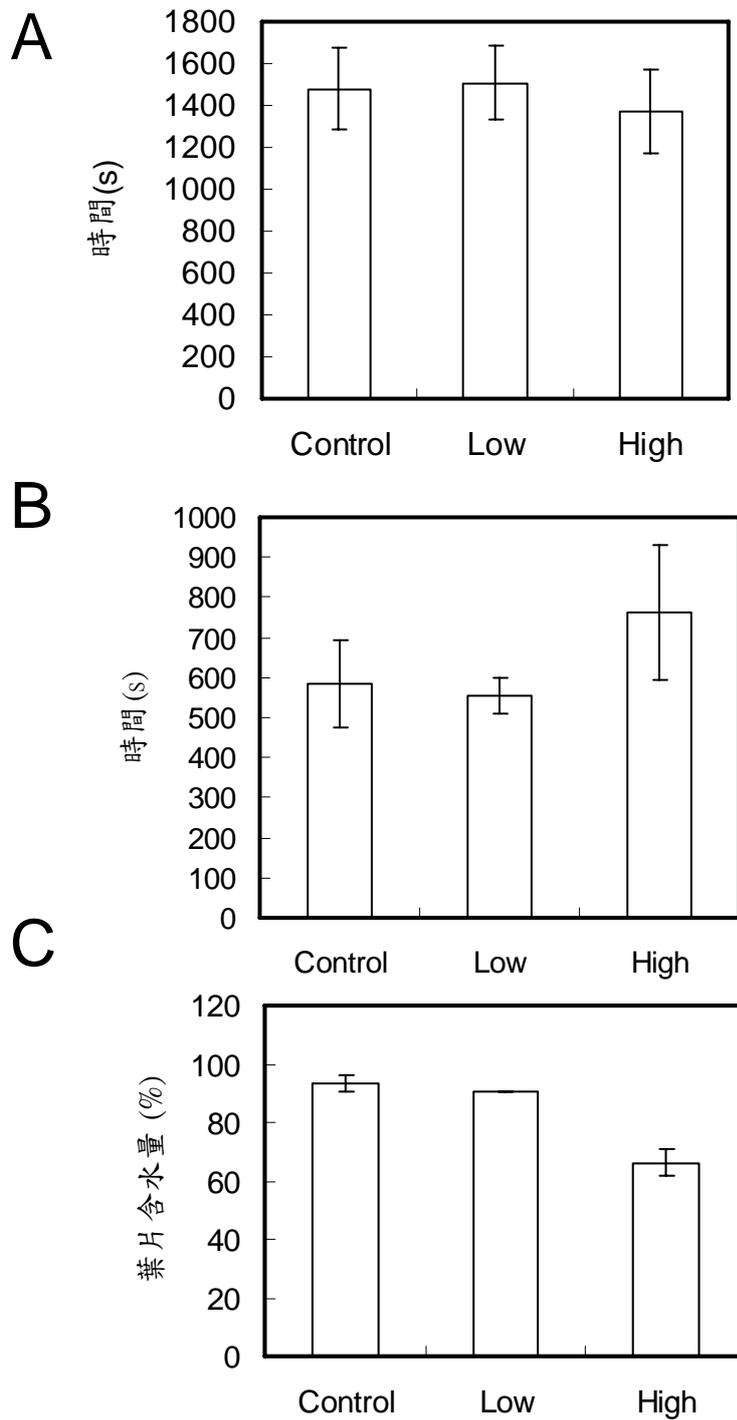


圖 3. 10 天大的豌豆幼苗以熱風處理，馬上(30 秒內)在葉片上(圖 A)、下表皮(圖 B)貼上乾燥氯化亞鈷試紙(藍色)，並且在三十分鐘觀持續觀察氯化亞鈷試紙變色情形並紀綠之(粉紅色)。四天後剪處理部位的葉片秤重，再放到烘箱中烘乾，計算葉片含水量(圖 C)。

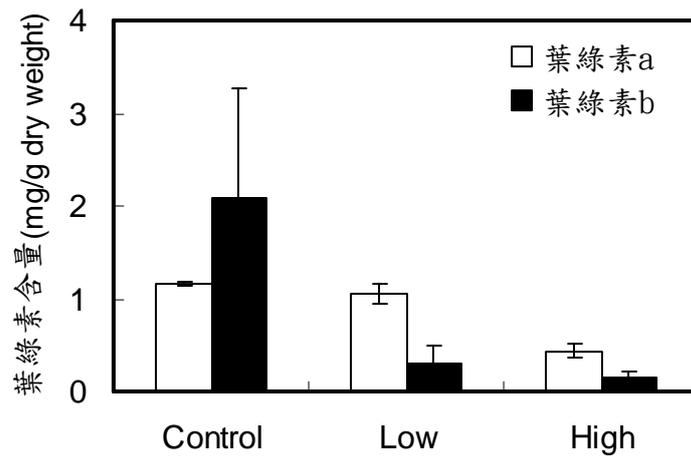


圖 4.10 天大的豌豆幼苗以熱風處理，7 天後剪處理部位的葉片測量葉綠素 a 及 b 含量。

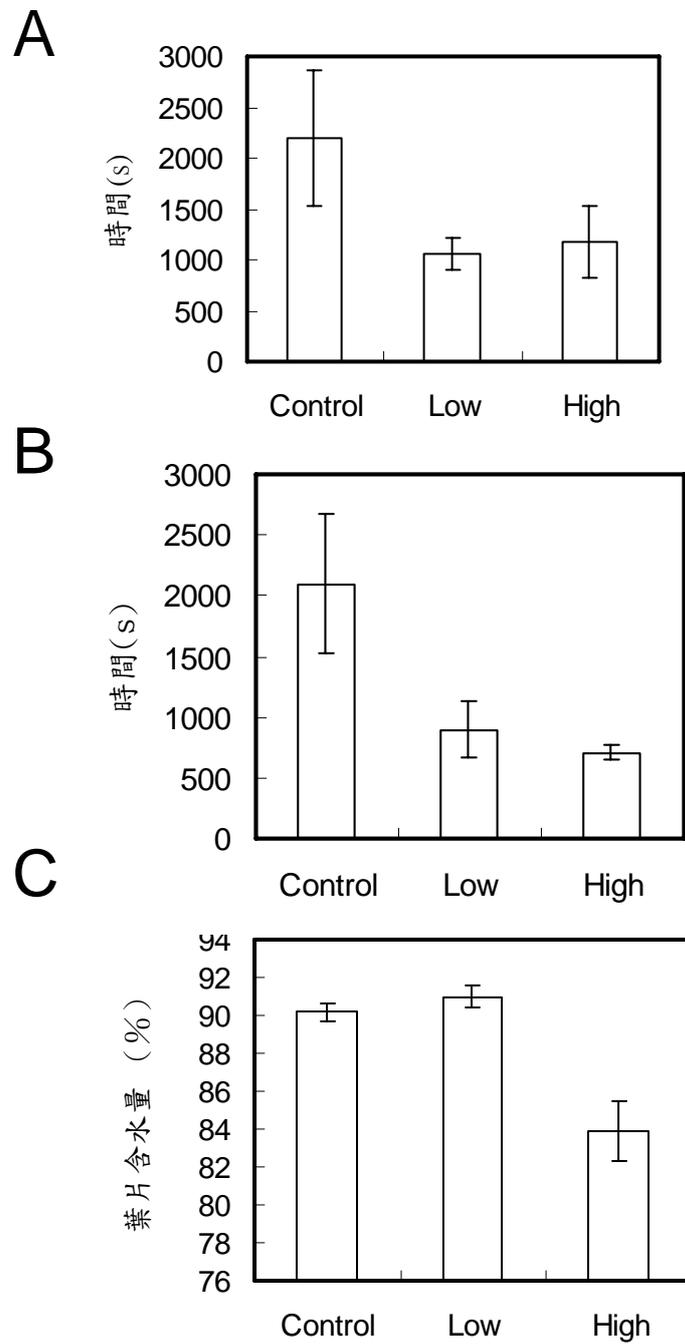


圖5. 10天大的玉米幼苗以熱風處理，馬上(30秒內)在葉片上(圖A)、下表皮(圖B)貼上乾燥氯化亞鈷試紙(藍色)，並且在三十分鐘觀持續觀察氯化亞鈷試紙變色情形並紀錄之(粉紅色)。四天後剪取葉片秤重，再放到烘箱中烘乾，計算葉片含水量(圖C)。

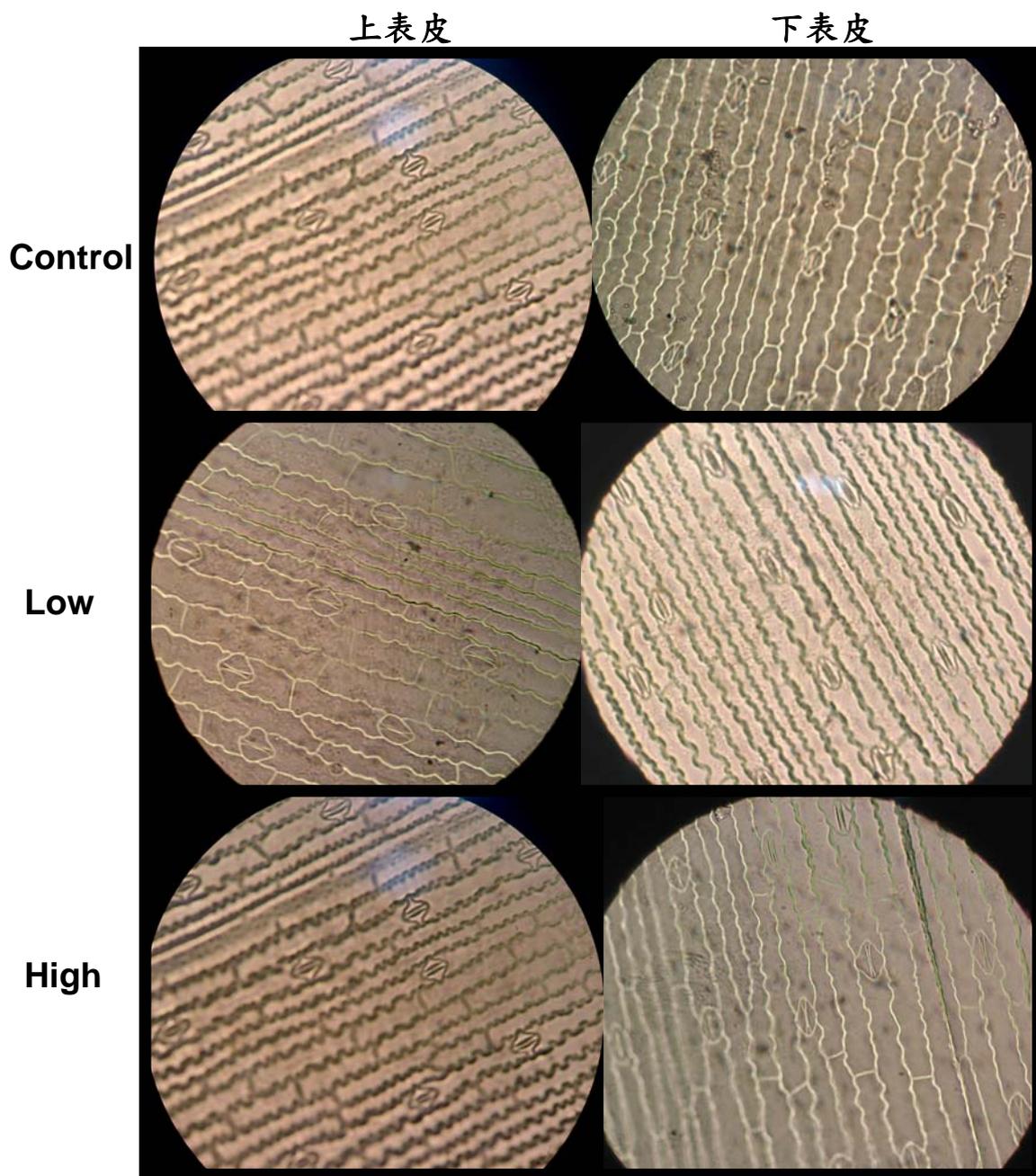


圖6. 10天大的玉米幼苗以熱風處理，馬上(30秒內)在葉片上、下表皮塗上指甲油(印模法)，並且在光學複式顯微鏡下觀察印模的氣孔開關情形。

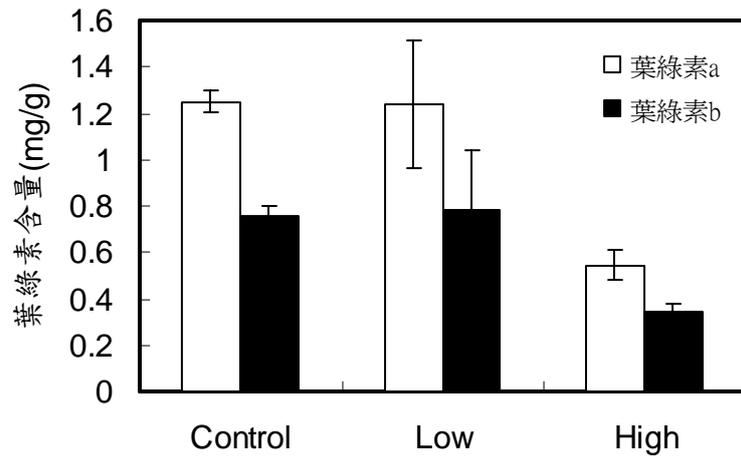


圖7. 10天大的玉米幼苗以熱風處理，7天後剪取葉片以乙醇萃取，並以分光光度計測量葉綠素a及葉綠素b在波長649nm及665nm吸收值。最後參考Knudson etl al.之方法換算，除以葉片乾重即得每克乾重所含葉綠素含量。

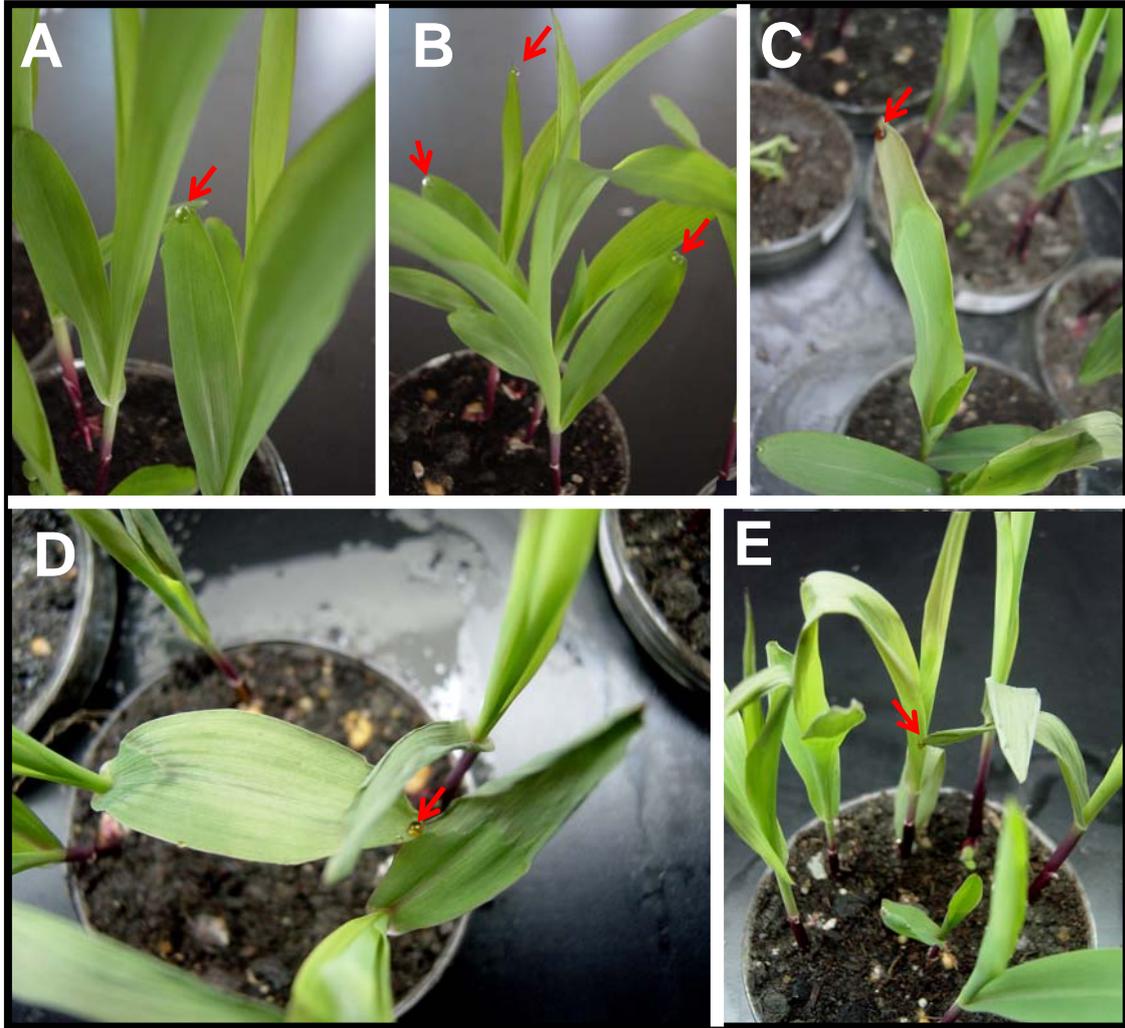


圖8. 10天大的玉米幼苗以熱風處理，2天後泌液作用之滲出液顏色比較(圖A,控制組之泌液；圖B,弱風處理組之泌液；圖C~E,強風處理組之泌液)，圖C~E呈咖啡色至褐色不等，相對於控制組及弱風處理組之泌液呈現透明有明顯的不同。

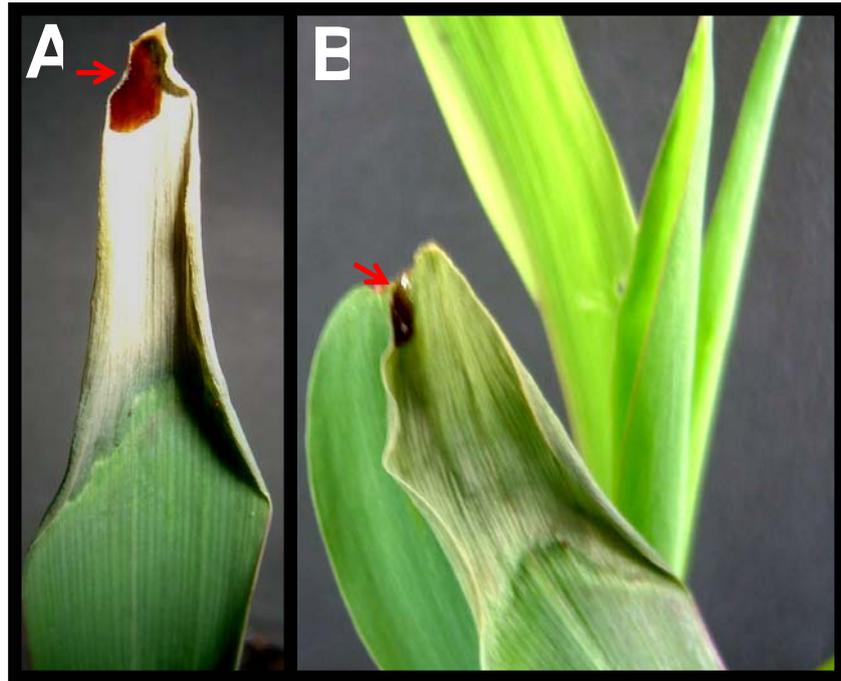


圖9. 10天大的玉米幼苗以熱風處理，4天後觀察到強風處理組之泌液蒸發後，所遺留下之咖啡色斑塊。

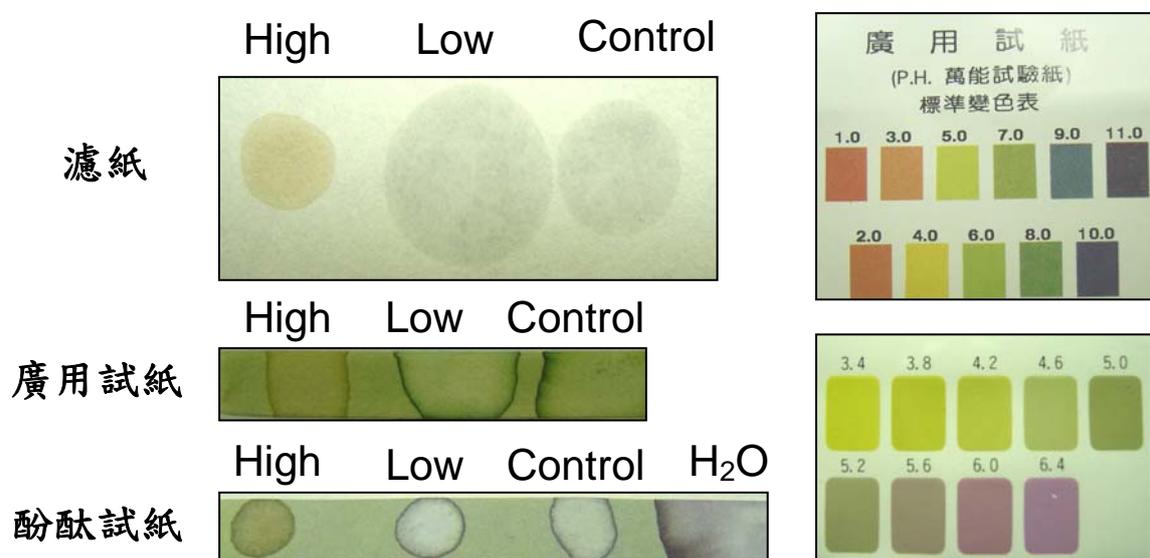


圖10. 10天大的玉米幼苗以熱風處理，2天後取其泌液作用之滲出液，在濾紙、廣用試紙及酚酞試紙上各滴一滴，並觀察滲出液的顏色及pH值改變情形。

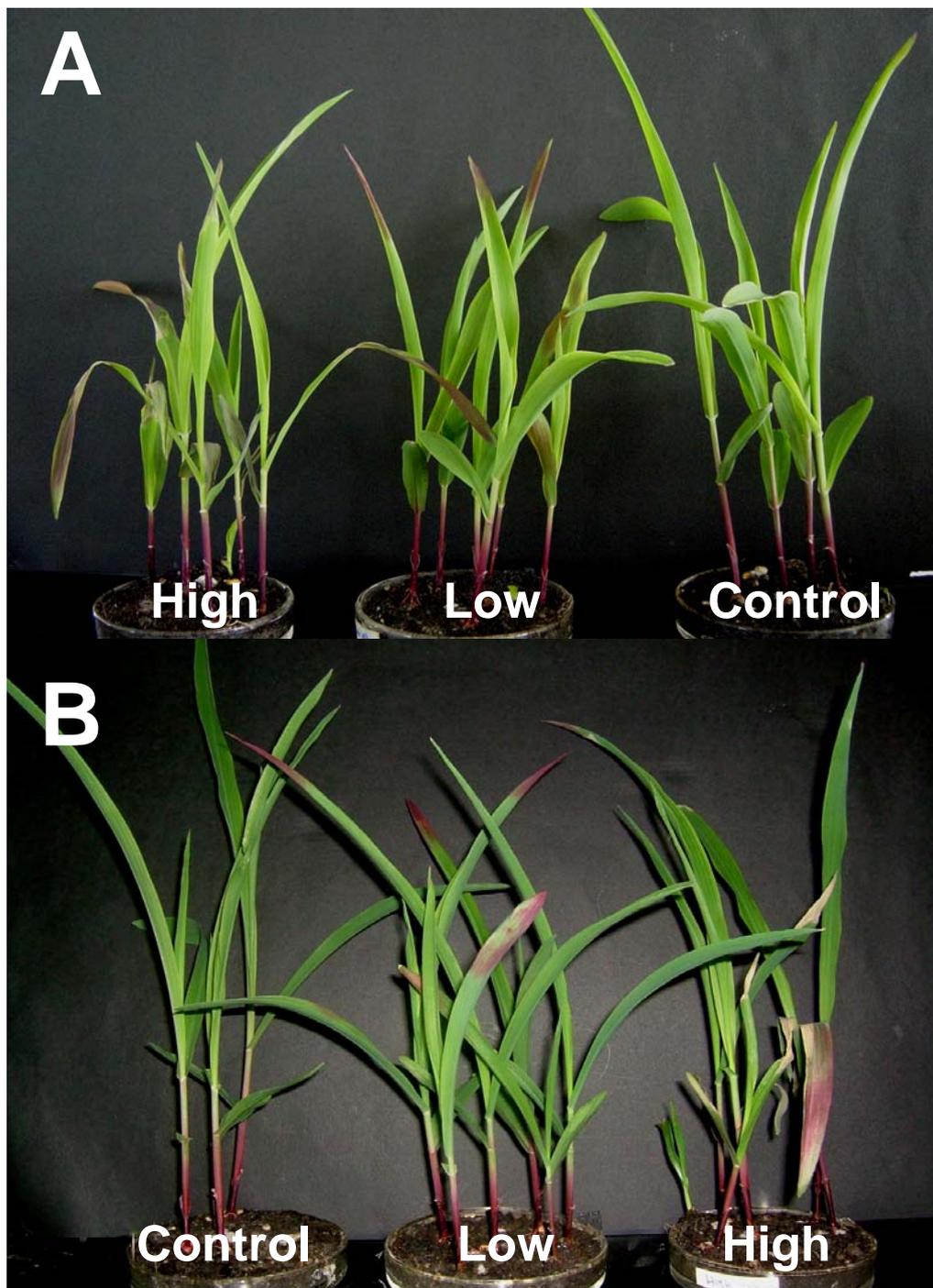


圖11. 10天大的玉米幼苗以熱風處理，4天與8天後分別觀察其花青素累積情形(圖A，熱風處理四天後，花青素主要累積於Low組的葉尖、High組受傷害組織的邊緣；圖B，熱風處理八天後，花青素累積情形同四天，僅顏色加深)。

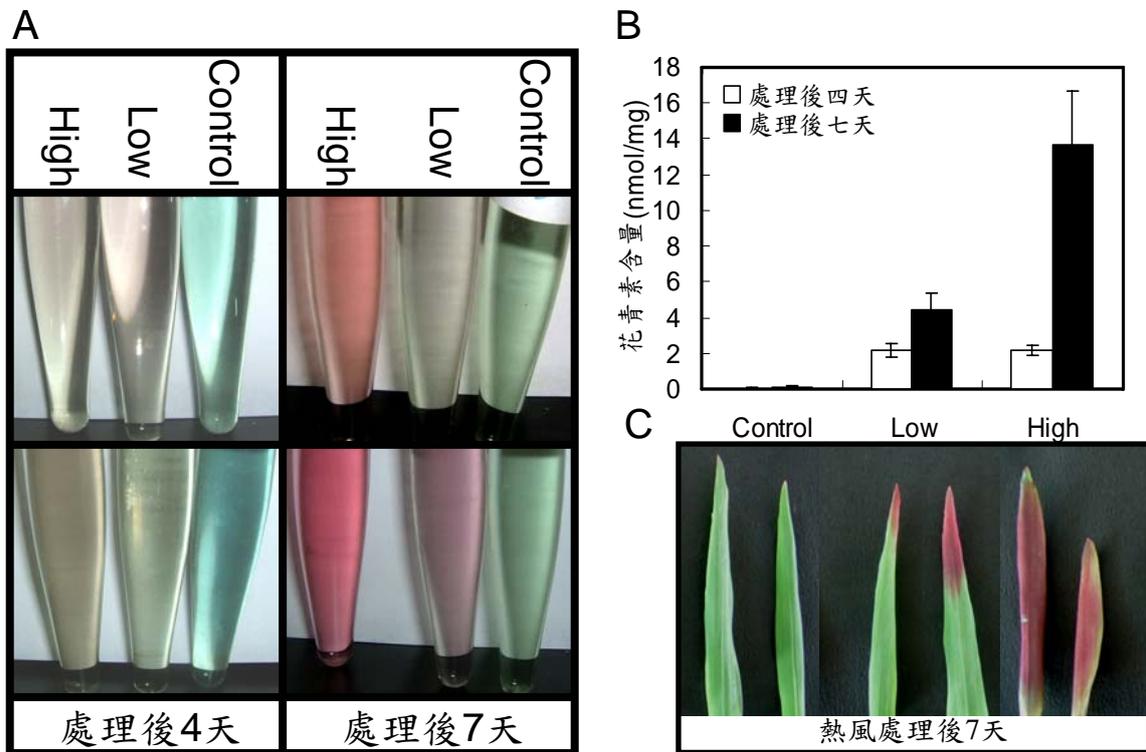


圖12. 十天大玉米幼苗以熱風處理，四天與七天後分別取其葉片拍照，並且萃取花青素(萃取方法如材料方法所示)，以分光光度計測量波長529nm下之吸收值：A圖為低溫萃取後色素溶於萃取液中的顏色，B圖為花青素含量，C圖為熱風處理七天後之葉背形態。

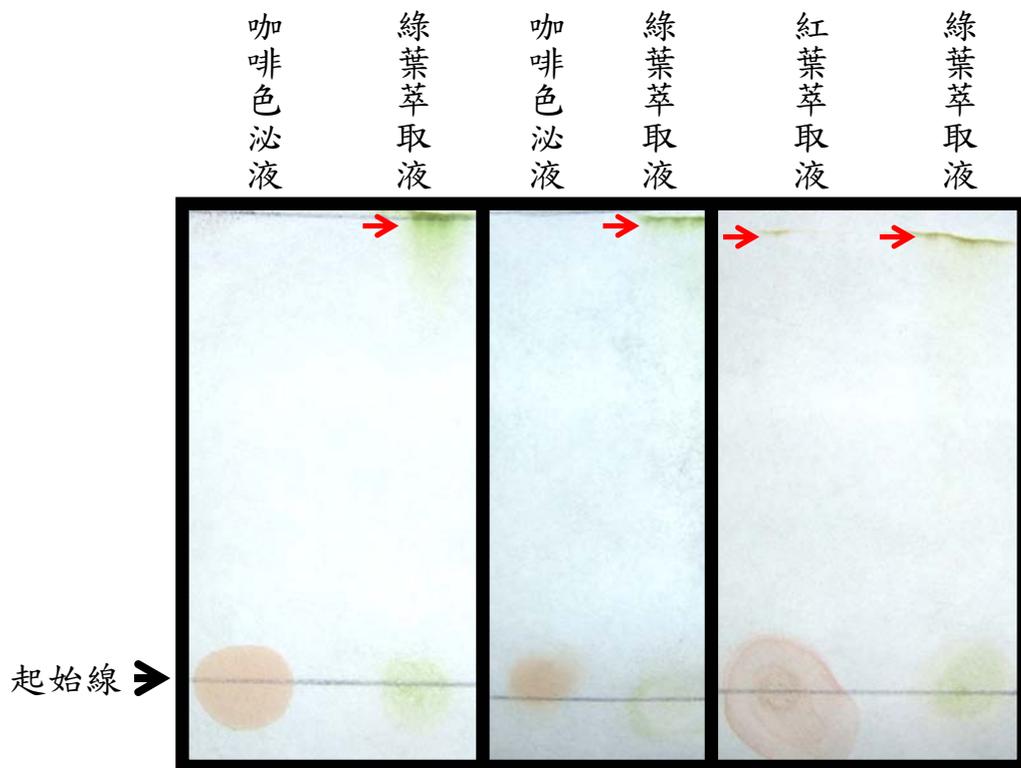


圖13. 十天大玉米幼苗以熱風處理，四天後取咖啡色泌液、花青素累積葉片(紅葉)與綠色葉片(綠葉)萃取液，作濾紙薄層色層分析(TLC)，來判斷泌液是否有含葉綠素。

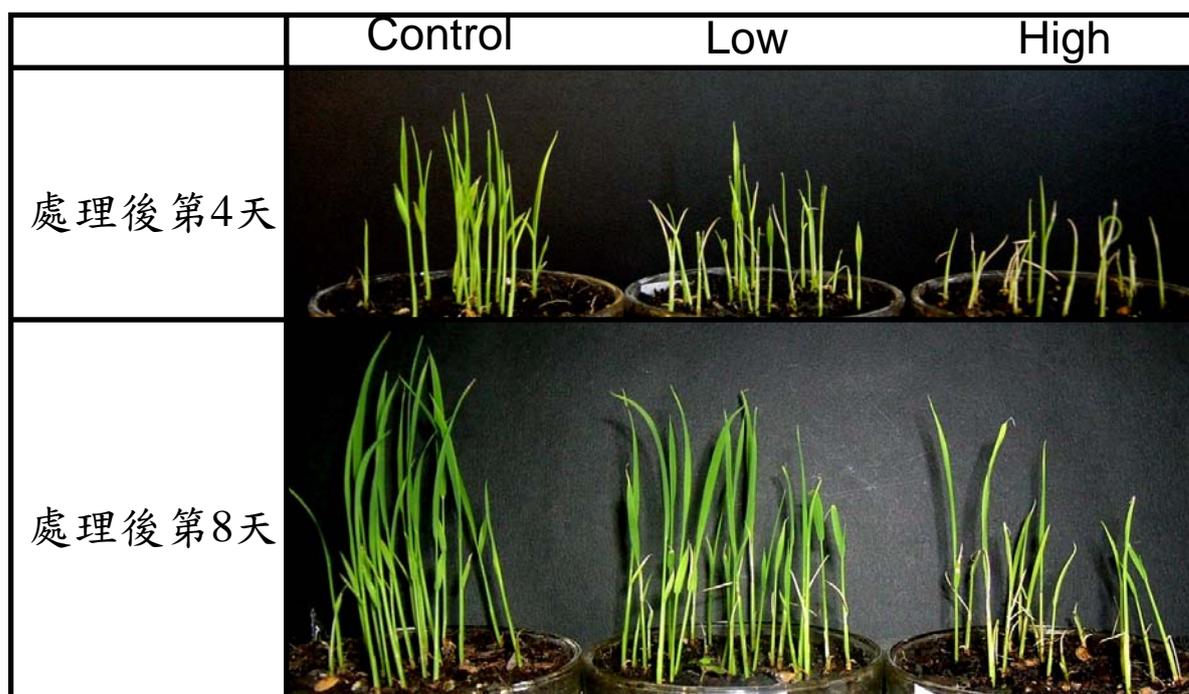


圖 14. 10 天大的水稻幼苗以熱風處理，4 天與 8 天後分別觀察其外觀形態。

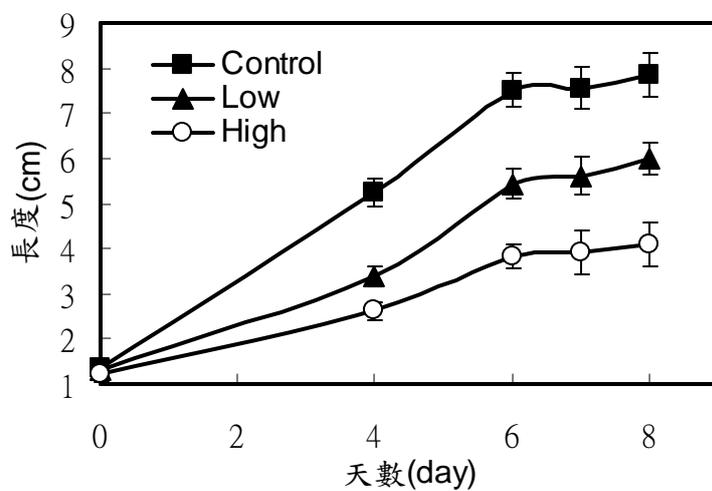


圖 15. 10 天大的水稻幼苗以熱風處理，4 天、6 天、7 天、8 天後分別測量水稻植株高度。

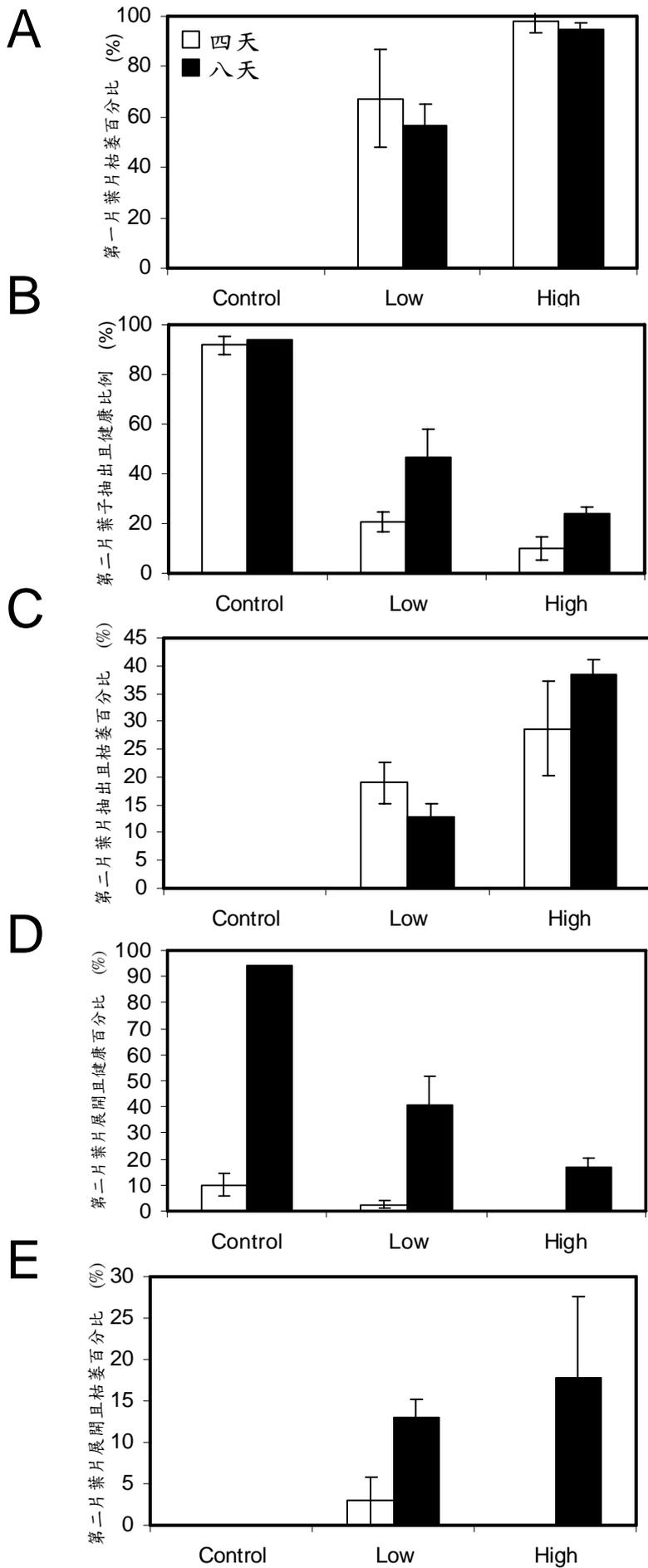


圖 16. 十天大的水稻幼苗熱風處理，4 天與 8 天之後分別計算水稻幼苗第一片葉片枯萎比例(圖 A)、第二片葉子抽出之後健康(沒枯萎，圖 B)與不健康(枯萎，圖 C)的比例，最後針對第二片葉片計算完全展開且健康(沒枯萎，圖 D)與不健康(枯萎，圖 E)的比例

表 1. 同圖 16，十天大的水稻幼苗熱風處理，4 天與 8 天之後分別計算水稻幼苗第一片葉片枯萎比例、第二片葉子抽出之後健康(沒枯萎)與不健康(枯萎)的比例，最後針對第二片葉片計算完全展開且健康(沒枯萎)與不健康(枯萎)的比例

	熱風處理後 4 天		
	Control	Low	High
第一片葉子抽出且枯萎	0	67.24±11.37	97.73±2.27
第二片葉子抽出且健康	91.74±3.50	20.61±3.96	10.08±4.91
第二片葉子抽出且枯萎	0	18.98±3.73	28.74±8.44
第二片葉子展開且健康	10.08±4.20	2.56±1.51	0
第二片葉子展開且枯萎	0	2.94±2.94	0
	熱風處理後 8 天		
	Control	Low	High
第一片葉子抽出且枯萎	0	56.46±8.99	94.44±3.00
第二片葉子抽出且健康	94.12	46.42±11.82	24.33±2.21
第二片葉子抽出且枯萎	0	12.93±2.23	38.48±2.69
第二片葉子展開且健康	94.12	40.74±10.78	17.02±3.59
第二片葉子展開且枯萎	0	12.93±2.23	17.84±9.73

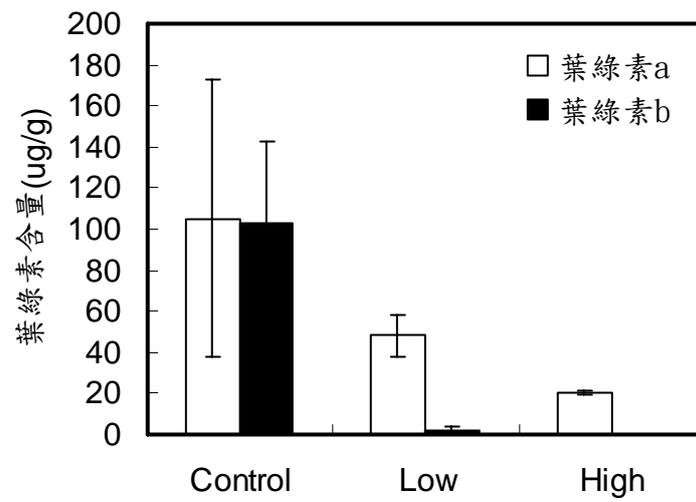


圖 17. 10 天大的水稻幼苗以熱風處理，4 天後剪取水稻整株幼苗，以乙醇萃取葉綠素 a 及葉綠素 b，並且以分光光度計測量波長 649nm 及 665nm 下的吸收值。

評 語

040701 焚風對於豌豆米及水稻幼苗生長的影响

1. 能運用自行設計的實驗方法進行研究。
2. 模擬焚風的方法可改用風洞測試以減少人為誤差。
3. 建議深入研究植物內部蛋白質分子等受焚風刺激產生的變化。