

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生物(生命科學)科

佳作

040718

植物向光性的訊息傳導

臺北市私立再興高級中學

作者姓名：

高二 鄭瑞杰

指導老師：

顏俊雄

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：生物

組 別：高中

作品名稱：植物向光性的訊息傳導

關 鍵 詞：向光性、光線的顏色、光線的訊息傳導

編 號：

製作說明：

- 1.說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
- 2.編號由國立臺灣科學教育館統一編列。
- 3.封面編排由參展作者自行設計。

作品名稱：植物向光性的訊息傳導

壹、摘要

在參觀美國太空中心時，發現未來太空艙裡要利用燈光代替陽光來種植物，以做為長途太空旅行時的食物來源，而白色光線是由許多不同顏色的光線所組成，因此這個實驗的目的在於瞭解光線的顏色和方向對於植物生長向性的影響；同時也想瞭解造成向光性的生長素，在光誘導下的訊息傳導方式。實驗結果發現，綠豆苗對於藍光有最強的向光性，同時不會造成豆苗徒長。實驗結果也得知生長素由生長點製造後不僅儲存在生長點，並且也儲存於葉柄中；將藍光只照射在豆苗的下半部的莖，而非生長點部位，光線會誘導莖產生傳遞訊息，此訊息會傳遞到含有生長素的生長點和葉柄，生長點和葉柄再分泌生長素，流向照光組織的背光面，造成植物的向光性。因此在太空中的無重力狀態下，可以施予藍光照射植物的莖部，藍光不但可以讓植物有最佳的光合作用效率以正常生長，並且可以利用植物的向藍光性，以誘導植物生長到設計好的方向，以充分利用太空艙有限的空間。

貳、研究動機

在美國佛羅里達州參觀美國太空中心時，發現未來太空艙裡要利用燈光代替陽光來種植物，而白色光線是由許多不同顏色的光線所組成，因此這個實驗的目的在於瞭解光線的顏色和方向對於植物生長向性的影響，以及負責向光性的生長素，在光誘導下的訊息傳導方式。希望能由這個實驗的結果，能知道在太空中的無重力狀態下，可以施予何種光線，以及何種方式照射植物，不但可以讓植物有最佳的光合作用效率，並且可以利用植物的向光性，以誘導植物生長到設計好的方向，以充分利用太空艙有限的空間。

植物的向光性和生長素的關係--參考高級中學生物學(教師用上冊)，林金盾 編著，第八章：激素與協調作用，康熙圖書出版，2004

光線和植物向光性的關係--參考高級中學生物學(下冊)，鄭湧涇 編著，第十章：生物對外界刺激的感應，康熙圖書出版，2004。

植物生長素的傳遞方式--參考高級中學生命科學(上冊)，鄭湧涇 編著，第四章：植物的生殖、生長和發育，康熙圖書出版，2004。

叁、研究目的

以植物的向光性，研究光的顏色和方向，對於植物的向光的影響，並且分析植物的哪些組織參與了植物向光的性質，進而了解植物向光性的訊息傳遞方式。

肆、研究設備及器材

綠豆、培養皿、可調亮度式檯燈、玻璃紙（藍色、綠色、黃色、紅色）、紙杯、看片照光箱、數位相機、光學顯微鏡、實體顯微鏡、測光計

伍、研究過程和方法

- 一、 先把綠豆泡水兩天後，再把綠豆放在鋪有濕衛生紙的培養皿上，大約四天後長成小苗，用於各種測試中。
- 二、 光源為亮度可調式檯燈，裝有 60 蠟光的燈泡，燈泡的前緣到植物之距離為 30 公分。小苗放在貼有玻璃紙的紙杯中；紙杯的兩側或單側以美工刀切出 3x8 公分長方形洞孔，再貼上不同顏色的玻璃紙，再以黑色紙遮住紙杯的其它部份，並以下列所述之條件測試綠豆生長情形：

(一) 實驗 1：單面照不同顏色的光

小苗放在一側無洞孔而另一側分別貼有藍色、綠色、黃色、紅色等玻璃紙的紙杯中，再以裝有 60 蠟光的檯燈平躺側照紙杯，紙杯的另一側不照光。三小時後照相紀錄。

(二) 實驗 2：一面照白光另一面照不同顏色的光

小苗放在紙杯之一側有長方形洞孔；而另一側分別貼有藍色、綠色、黃色、紅色等的玻璃紙的紙杯中。紙杯兩側都以裝有 60 蠟光的可調亮度式檯燈平躺側照紙杯，再以測光計測紙杯兩側之亮度，調整檯燈亮度使紙杯兩側之亮度一致。三小時後照相紀錄。

(三) 實驗 3：兩面照不同顏色的光

紙杯兩側分別貼有不同顏色的玻璃紙，一共有六種組合：藍和綠、藍和黃、藍和紅、綠和黃、綠和紅、黃和紅。紙杯兩側以 60 蠟光的可調亮度式檯燈平躺側照紙杯，以測光計測紙杯兩側之亮度，再調整檯燈亮度使紙杯兩側之亮度一致。三小時後照相紀錄。

(四) 實驗 4：由上向下照不同顏色的光

以裝有 60 蠟光的檯燈由上向下照射在頂部有藍色、綠色、黃色、紅色、白色玻璃紙以及黑色紙的紙杯，並且每天量小苗高度。

(五) 實驗 5：向光性和地心引力的競爭

在含有日光燈照光箱的表面，貼上藍色、綠色、黃色、紅色玻璃紙，使光線由底部向上照射。照光三小時後，以數位相機紀錄植物生長情形。

(六) 實驗 6：植物生長素產生位置之測試一

植物的葉片、生長點、子葉、或葉片和生長點以小刀去除，再以裝有 60 蠟光的檯燈由側面照射。照光三小時後，以數位相機紀錄植物向光性。以實體顯微鏡觀察植物的生長點去除前後的情形。

(七) 實驗 7：植物生長素產生位置之測試二

實驗方法同實驗 6。

(八) 實驗 8：植物向光性的訊息傳遞

在紙杯適當位置，貼上黑色色紙，使小苗上半段遮住光線，再照不同顏色的光；或是下半段遮住，再由測面照不同顏色的光。照光三小時後，以數位相機紀錄植物向光性。

(九) 實驗 9：光線照射植物葉子的向光性測試

以黑紙遮住小苗的莖、生長點、和葉柄，再以光線照葉子三小時，以數位相機紀錄植物向光性。



實驗用貼著色玻璃紙的紙杯

陸、研究結果

一、實驗 1：單面照不同顏色的光

實驗目的在於瞭解植物對於不同顏色的光是否有向光性，因此將小苗放入單面貼有不同顏色玻璃紙的紙杯中三個小時。

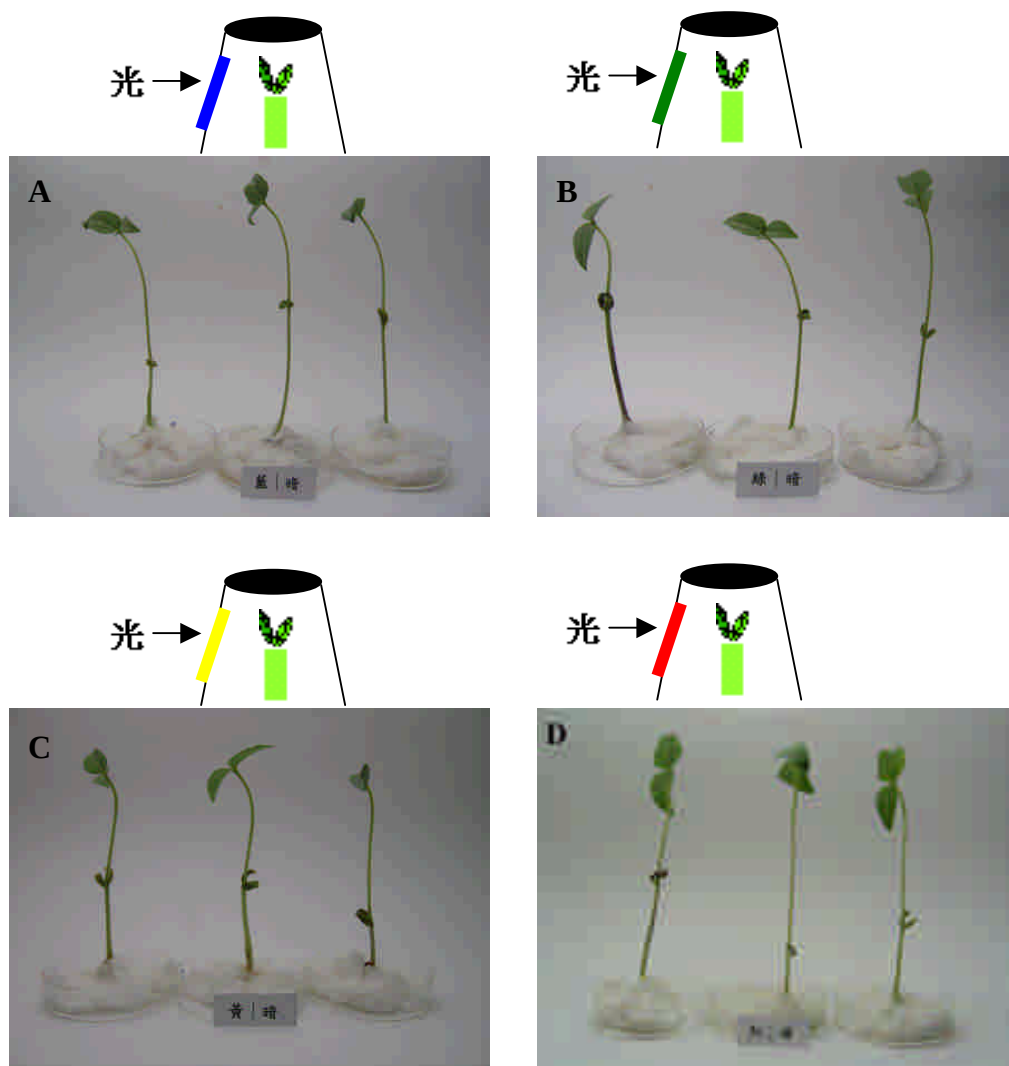


圖 1、單面照不同顏色的光

小苗單面照 A)藍光三小時。B)綠光三小時。C)黃光三小時。D)紅光三小時。

結果 1：

植物會向任何一種色光彎曲，但是單面照藍光、綠光、或黃光時小苗彎曲的程度(圖 1A、1B、1C)，大於小苗單面照紅光(圖 1D)，因此光的顏色不會改變植物的向光性，但是會影響植物向光彎曲的程度，因此植物的向光性會受到光的顏色所影響。

二、實驗 2：一面照白光另一面照不同顏色的光

爲了知道植物在白光存在下，對於不同顏色的光的向光性的傾向，因此將小苗放入一面貼有不同顏色的玻璃紙，另一面洞孔沒有貼玻璃紙的紙杯中三個小時。

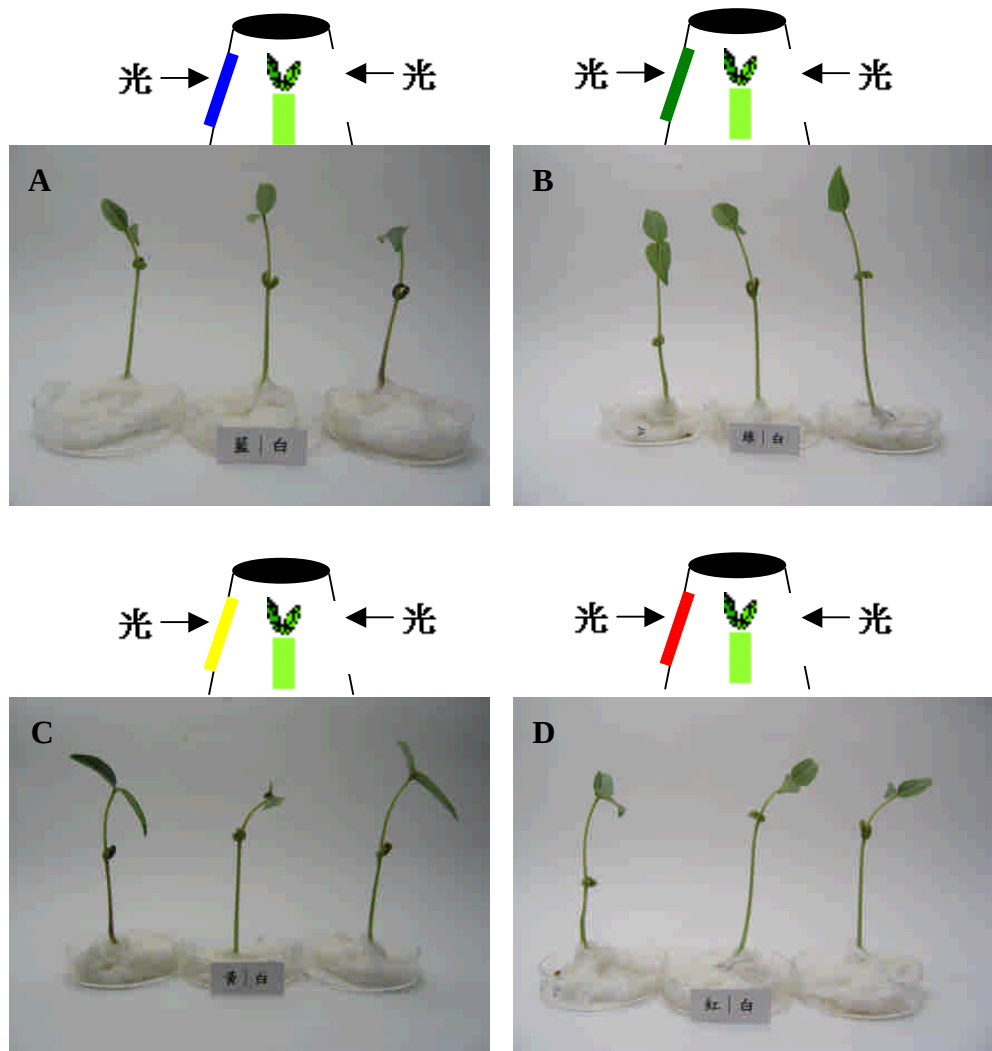


圖 2、一面照白光另一面照不同顏色的光

小苗分別照 A)藍光和白光、B)綠光和白光、C) 黃光和白光。D) 黃光和白光。照光時間都是三小時。

結果 2：

在側面照白光之下，小苗對於不同顏色的光彎曲的程度不同，其中一面照藍光時，莖彎向藍光(圖 2A)；一面照綠光時，莖維持不變(圖 2B)；而一面照黃或紅光時，小苗彎向白光(圖 2C、2D)。因此在白光競爭之下，對於莖的向光性最有吸引力的是藍光，其次是綠光，再來是黃和紅光。

三、實驗 3：兩面照不同顏色的光

由前面實驗得知不同顏色的光，其向光程度會不一樣，因此這個實驗進一步比較不同色光之間的向光程度比較。

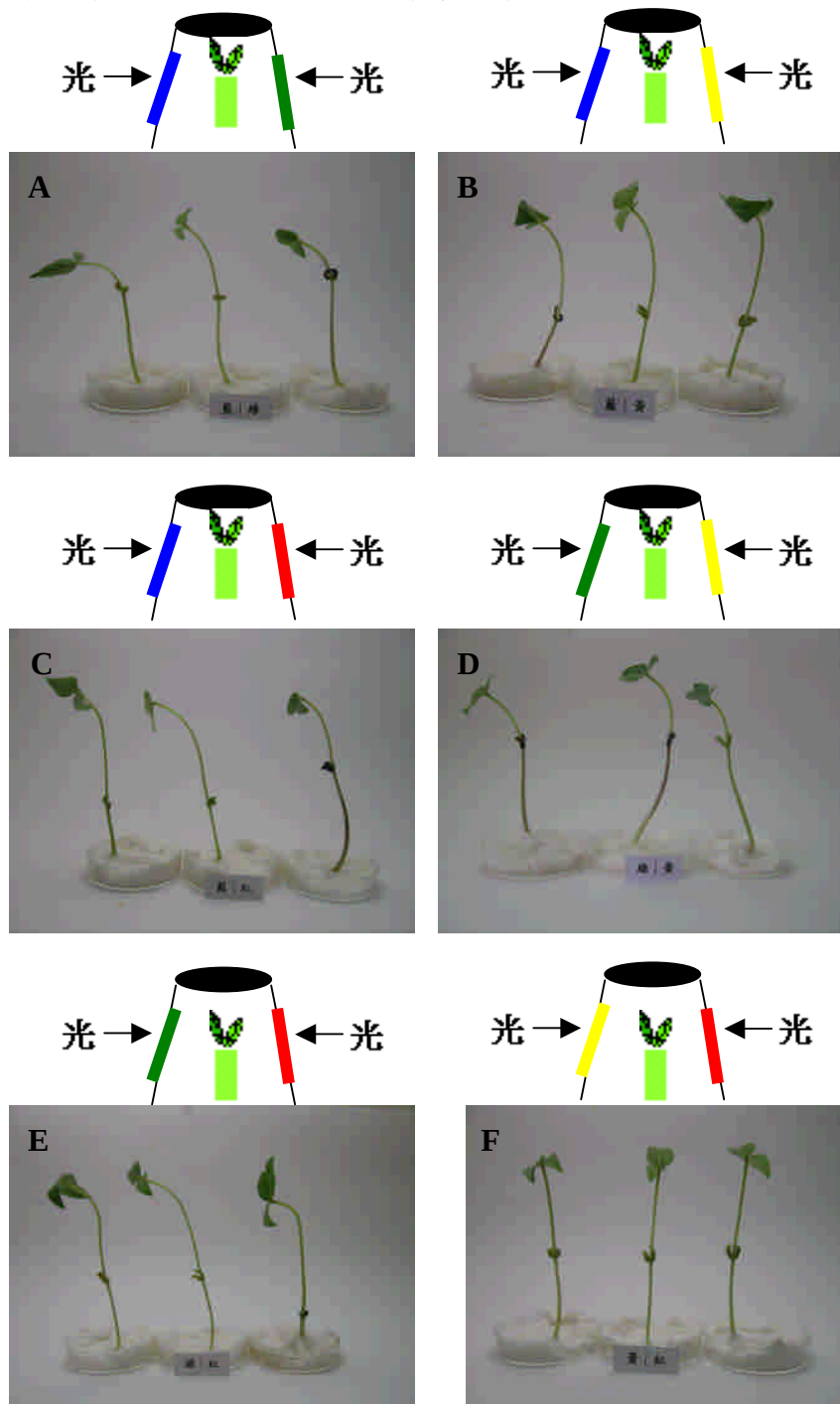


圖 3、兩面照不同顏色的光

小苗兩面分別照 A)藍光和綠光。B)藍光和黃光。C)藍光和紅光。D)綠光和黃光。E)綠光和紅光。F)黃光和紅光。照光時間都是三小時。

結果 3：

在不同色光彼此競爭下，有藍光時，植物一定偏向藍光(圖 3A、3B、3C)；無藍光有綠光時，植物則偏向綠光(圖 3D、3E)；無藍光和綠光時，小苗對於黃光和紅光，則無特別偏好(圖 3F)。因此這個實驗結果和實驗 3 的結果一致：莖的向光性最有吸引力的是藍光，其次是綠光，黃光和紅光則無差別。

四、實驗 4：由上向下照不同顏色的光

不同顏色的光，會使植物向光程度會不一樣，因此不同色光對於植物生長的影响予以分析。

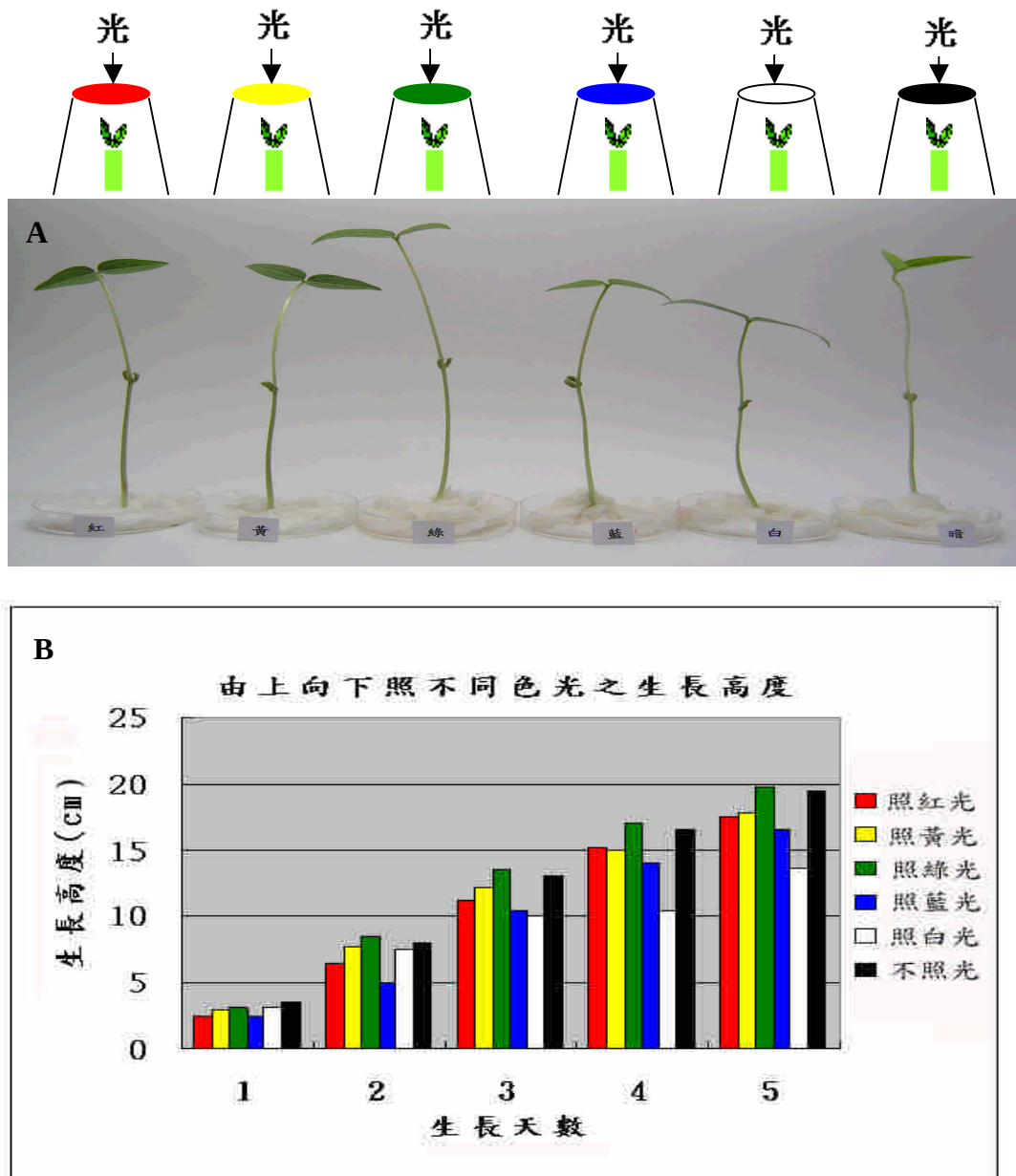


圖 4、由上向下照不同顏色的光

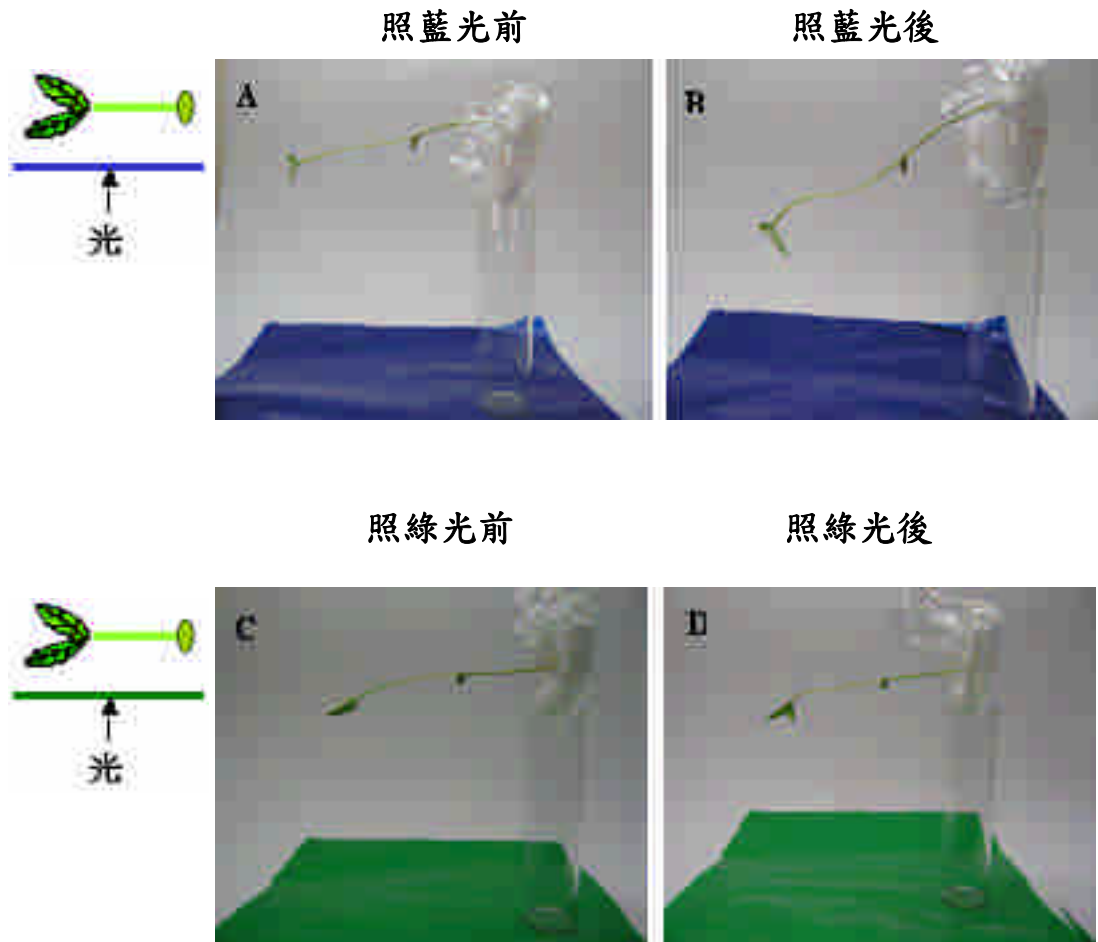
A) 小苗分別由上向下分別照射紅、黃、藍、綠、白光、和不照光下，五天後的植物。B) 五天間小苗在不同光線之下生長高度的比較圖。

結果 4：

由上向下照綠光時，五天後和不照光的植物一樣高，可見照綠光和不照光一樣，植物會徒長(圖 4A)，也就是植物生長不受抑制；除了白光以外，照藍光者長得最慢，在藍光之下，藍光似乎會抑制植物生長(圖 4B)，使植物不會徒長。

五、實驗 5：向光性和地心引力的競爭

不同顏色的光，其向光程度會不一樣，莖又有背地性的特性，那麼在地心引力和向光性之間，植物會做什麼樣的選擇。因此在含有日光燈照光箱的表面，貼上藍色、綠色、黃色、紅色玻璃紙，使光線由底部向上照射。照光三小時後，再以數位相機紀錄植物生長情形。



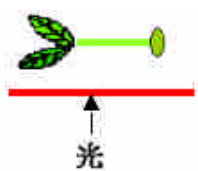
照黃光前



照黃光後



照紅光前



照紅光後



照白光前



照白光後





圖 5、向光性和地心引力的競爭

A)照藍光前。B) 由下向上照射藍光。C)照綠光前。D) 由下向上照射綠光。E)照黃光前。F) 由下向上照射黃光。G)照紅光前。H) 由下向上照射紅光。I)照白光前。J) 由下向上照射白光。K)置黑暗前。L) 置黑暗三小時後。照光時間都是三小時。

結果 5：

由下向上照藍、綠、或白光時，莖不但無背地性，植物反而向地生長(圖 5B、5D、5J)，特別是由下向上照藍、或白光時，莖向地生長情況最為明顯；在照紅光或不照光時，莖恢復背地性(圖 5H、5L)，植物向上生長；在照黃光時，植物則無明顯改變，仍水平生長(圖 5F)。因此即使在地心引力的作用下，莖對於有色光的喜好，仍然是藍光大於綠光，再大於黃光和紅光。

六、實驗 6：植物生長素產生位置之測試一

由課本知道植物的向光性是受到植物生長素所影響，因此這個實驗想知道植物中的那一組織可產生和向光性有關的生長素。小苗的葉片、生長點、子葉、或葉片和生長點分別以小刀去除，再進行照光實驗。

照光前



側面照光 3 小時後

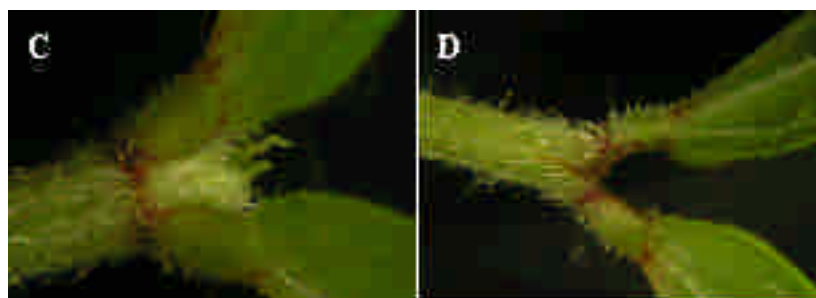


圖 6、植物無生長點或葉子的向光性

小苗分別為正常植物、無葉片植物、無生長點植物、無子葉植物、及無生長點葉片葉柄之植物。 A)右側面照光之前。 B)以右側造光三小時之後。 C) 以實體顯微鏡觀察上述無生長點植物在去除生長點之前植物的頂端。D) 無生長點植物在去除生長點之後植物的頂端。

結果 6：

植物有生長點者，如正常植物、無葉片植物、及無子葉植物，都具有向光性；但是植物標記為無生長點，仍具有葉片葉柄之植物(圖 6D)，也有向光性；只有植物標記為無葉片和生長點者，也就是植物為無葉片、葉柄、和生長點者才無向光性(圖 6A)。因此另人驚訝的是，這個實驗的結果指出植物無生長點但是有葉片葉柄者仍具有向光性。

七、實驗 7：植物生長素產生位置之測試二

由實驗 6 得知植物無生長點仍有葉柄和葉子時，仍有向光性，因此植物裏向光性有關的生長素除了在生長點有以外，想了解還存在於哪些組織。



圖 7、植物生長素產生位置的實驗

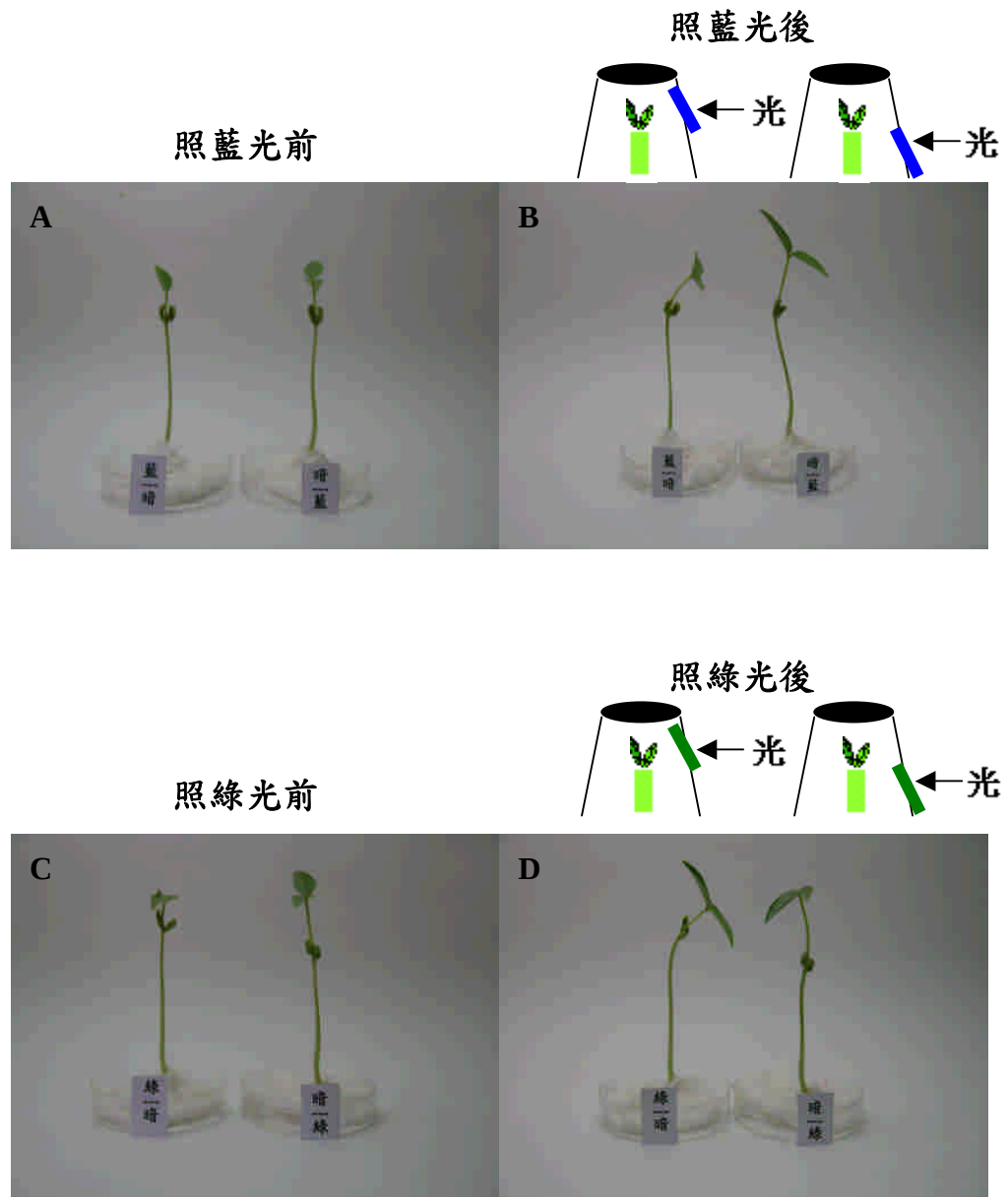
A) 小苗分別為無生長點、無生長點但有葉柄、只有生長點、無生長點葉片葉柄、及正常植物，以右側造光三小時，已相機記錄所得之結果。
B) 無生長點植物的頂端。C) 無生長點但有葉柄植物的頂端。D) 只有生長點植物的頂端。E) 無生長點葉片葉柄植物的頂端。F) 正常植物的頂端。

結果 7：

無生長點葉片葉柄的植物，和結果 6 所得的結果一樣，無向光性；但是只要有生長點的植物都具向光性。有趣的是無生長點但有葉柄的植物 (圖 7C) 也具有向光性，因此綠豆芽生長素不僅存在生長點，也存在葉柄中。

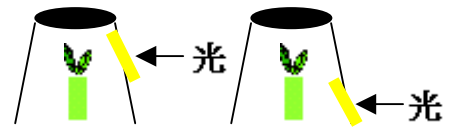
八、實驗 8：植物向光性的訊息傳遞

由實驗 7 得知植物的生長素存在生長點和葉柄中，因此是因為光線造射生長點和葉柄，所以才有向光性，還是光線造射到植物的其它組織也會有向光性。因此設計將小苗上半段遮住，再照不同顏色的光，測試光線不照到生長點和葉柄，植物是否仍有向光性；同樣的遮住小苗下半段的莖，再照不同顏色的光，觀察植物反應。



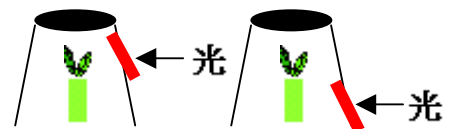
照黃光前

照黃光後



照紅光前

照紅光後



照白光前

照白光後

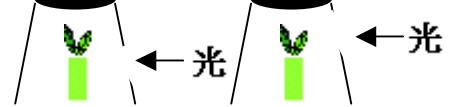


圖 8、植物的向光性的訊息傳遞

A)照藍光前。B) 小苗分別遮住上半部和下半部，再照藍光三小時。
C)照綠光前。D) 小苗分別遮住上半部和下半部，再照綠光三小時。
E)照黃光前。F) 小苗分別遮住上半部和下半部，再照黃光三小時。
G)照紅光前。H) 小苗分別遮住上半部和下半部，再照紅光三小時。
I)照白光前。J) 小苗分別遮住上半部和下半部，再照白光三小時。

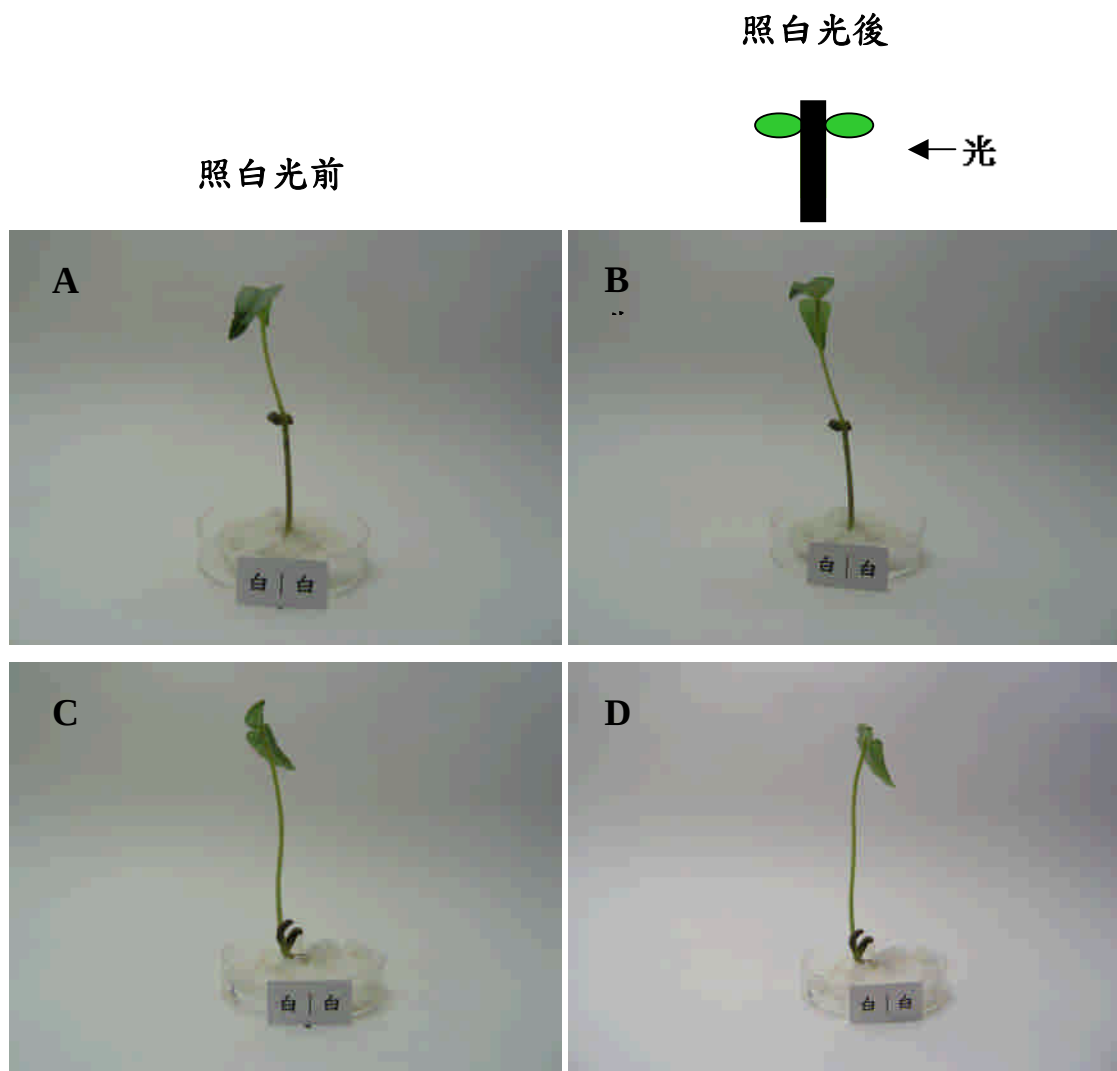
結果 8：

甲、遮住下半部再照光，光線照在植物的上半部包含生長點，植物的向光程度(圖 8B、8D、8F、8H)，和完全不遮時再給予不同的光線時的向光程度相當(圖 1A、1B、1C、1D)。

乙、當遮住上半部再照光，光線照在植物的下半部不包含生長點和葉柄，植物下半部的莖也會向光彎曲，尤其以照白光和藍光者較為顯著(圖 8B、8J)。可見光線照在植物的下半部，雖然沒有照射到可以產生生長素的生長點和葉柄，光線會誘導莖產生傳遞訊息，此訊息會傳遞到含有生長素的生長點和葉柄，生長點和葉柄再分泌生長素，流向照光組織的背光面，造成植物的向光性。

九、實驗 9：光線照射植物葉子的向光性測試

由實驗 8 得知白色和藍色光線照射小苗下半段只有莖的部位，植物會產生向光性，並且由實驗 8 也知道光線照射小苗上半段，包含生長點、葉柄、和葉子，也可以使植物產生向光性；由實驗 7 得知，光線單獨照生長點或葉柄，植物會產生向光性，因此，這個實驗將小苗的莖、生長點、和葉柄都以黑紙遮住，再以光線照葉子，測試植物是否仍有向光性，以瞭解除了由莖可以傳遞光訊息以誘導生長素傳遞外，葉子是否有同樣的功能。



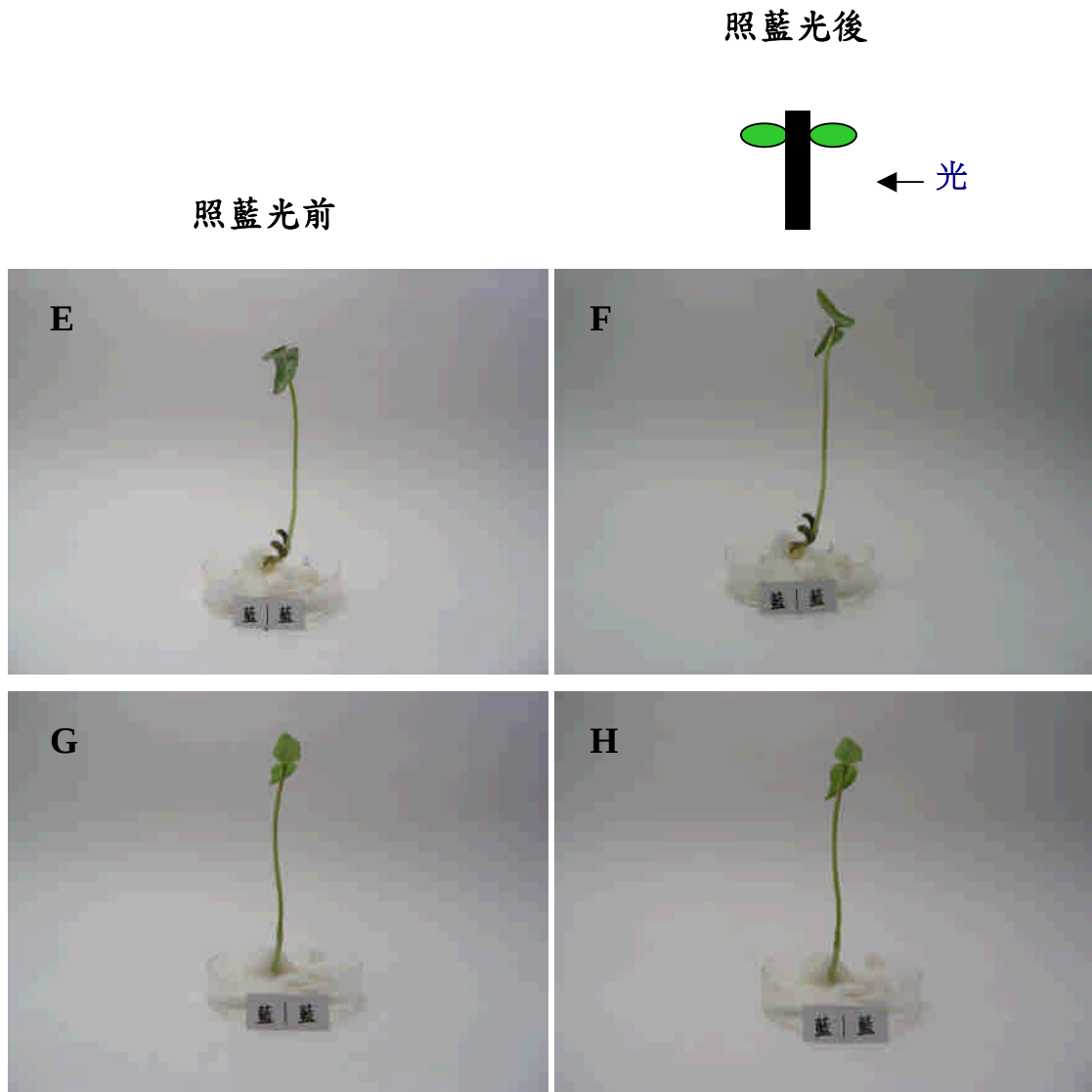


圖 9、光線照射植物葉子的向光性測試

A)、B)照白光前。C)、D) 將小苗的莖、生長點、和葉柄都以黑紙遮住，再以白色光線照葉子三小時。E)、F)照藍光前。G)、H) 將小苗的莖、生長點、和葉柄都以黑紙遮住，再以藍色光線照葉子三小時。

結果 9：

遮住小苗的莖、生長點、和葉柄，再照白光(9B 和 9D)或藍色光(9G 和 9H)三小時，小苗的向光性程度非常小，可見葉子不是傳遞光訊息以誘導向光性的主要組織。

柒、討論

- 一、從國小國中的生物課本，已經指出植物可以用二氧化碳和水來製造葡萄糖（澱粉）和氧氣，葡萄糖是所有生物需要的能量來源，而氧氣是所有生物進行呼吸作用的必備原料，因此光合作用是地球上最重要的作用，沒有植物進行光合作用，動物將失去食物來源而無法生存；因此長距離的太空旅行，在空間有限下，將無法攜帶大量食品，而以植物進行光合作用以產生食品，將是可能的選擇。
- 二、植物爲了要進行光合作用，植物的莖有向光性，以迎向陽光；鄭湧涇編著高級中學生物學(下冊)指出植物也有背地性(負向地性)，也就是背離地心引力，以爭取到高處的陽光；但是太空中無重力，並且無固定自然光源，因此要以什麼樣的人照光源和環境來培養植物，將是太空旅行的重要問題。
- 三、由施河主編的高級中學基礎生物(全冊)指出，白色光是由紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫等顏色的光所組成，波長以紅色光最長，依上所列之順序遞減至紫色光；能量則以紅色光最小，依上所列之順序遞增至紫色光。因此這個實驗便以不同顏色的光做爲研究題材。
- 四、由實驗 1 和 2 得知，植物會向任何一種色光彎曲，因此光的顏色不會改變植物的向光性，但是會影響植物向光的彎曲程度。
- 五、由實驗 3 得知，綠豆豆苗對於藍光有最強的向光性，其次對於綠光也有相當強的向光性。可能因爲被藍光或綠光所照射的那一面莖，生長素減少，細胞生長遲緩，而不被藍光或綠光所照射的那一面莖，生長素仍然存在，細胞生長正常，所以會向藍光或綠光彎曲。
- 六、由鄭湧涇編著的高級中學生命科學(上冊)指出，光合作用在藍光和紅光時效率最好，但是由實驗 1、 2、和 3 得知，綠豆豆苗的向光性最有吸引力的是藍光，最弱的是紅光，因此就光的喜好性而言，植物向光性和光合作用並無關聯性。同樣地，高級中學生命科學(上冊)也指出植物在綠光下光合作用效率非常低，由實驗 3 得知，植物對綠光有相當的強的向光性，但是生物學 (Campbell)指出綠光通常會被植物所反射，因此綠豆豆苗偏向綠光應該不是要進行光合作用，這也同樣表示植物向光性和光合作用的進行是沒有關係的。
- 七、由實驗 4 得知，由上向下照綠光時，植物和不照光的植物長得一樣高，

可見照綠光不會抑制植物生長素的作用，而和在黑暗中的植物一樣，會造成植物徒長。植物徒長的可能原因為植物在土中或在有其它植物反射或透射綠光的樹陰下，爲了能夠爭取到陽光，因而莖快速增長，以求在最短時間內，在高處找到適合光合作用的光線。

八、由鄭湧涇編著之高級中學生物學(下冊)的第十章指出，向光性的產生是因為向光側和背光側的生長素分布不均所致。因此實驗 3 中植物偏向綠光，而由實驗 4 得知綠光不會抑制生長素作用，因此在綠光下，生長素應該是由照綠光面移動到背綠光面，才使植物有向綠性。實驗 4 也得到照藍光的植物長得很慢，因此藍光和白光一樣會抑制植物生長素的作用，植物不會徒長，所以實驗 3 中植物偏向藍光，應該是照藍光面的生長素被抑制，而背藍光面細胞則正常生長所致。

九、由實驗 5，植物在以白光、藍光、或綠光由下向上照的光源時，植物的背地性會消失(圖 5B、5D、5J)。植物的背地性本來就是爲了爭取陽光的行爲，因此植物爲了光源而違背背地性是可以理解的，所以未來在太空中無重力狀態下，以適當的光線誘導植物生長，植物應該可以在太空中長得很好。而這個適當光線不是綠光，因爲綠光會使植物徒長，光合作用效果不佳；也不是白光，因爲白光爲多種色光的綜合體，不能讓光合作用以最大效率反應；所以應該是藍光，因爲在藍光，不但光合作用效率好，並且在無重力狀態下可以誘導植物生長到設計好的方向，以充分利用太空艙有限的空間。

十、由實驗 6，植物需要有生長素才會表現向光性，由林金盾編著的高級中學生物學(上冊)得知生長素主要由莖和芽的頂端、嫩芽和種子等的分生組織所產生，也就是生長素由分生組織所產生。而由實驗 6 所得結果得知，植物有生長點者都具有向光性，並且只有植物無葉片、葉柄、和生長點的才無向光性，但是令人驚訝的是植物無生長點但是有葉片和葉柄者仍具有向光性。這結果表示，除了生長點，小苗的葉片和葉柄也可能具有生長素。

十一、實驗 7 的設計是爲釐清實驗 6 中疑慮：除了生長點，小苗的葉片和葉柄也可能具有生長素。結果發現，無生長點但有葉柄無葉片的植物也具有向光性(圖 7A)，因此綠豆芽生長素不僅可由生長點產生，也可由葉柄產生。至於葉片中有無生長素，因爲無法切除葉柄而僅留葉片在植物上，因此無法知道此答案。但是也得到重要的發現綠豆小苗的生長點和葉柄都具有向光性所需的生長素。

十二、由實驗 8 的結果發現，當遮住小苗上半部再照光下半部，光線不照在植物含生長素的生長點和葉柄時，植物下半部的莖仍會向光彎曲。可見光線照在植物的下半部，雖然沒有照射到生長點，光線會誘導莖產生傳遞訊息，此訊息會傳遞到含有生長素的生長點和葉柄，生長點和葉柄再分泌生長素，流向照光組織，造成植物的向光性。

捌、結論

- 一、植物對藍光和綠光有相當強的向光性，藍光會抑制植物生長素的作用，使植物有向藍性；而藍光的對於植物的作用，和白光一樣，都是使植物不會徒長。綠光雖不會抑制植物生長素的作用，但是會促使生長素移動到背綠光面，使植物有向綠性；而綠光的對於植物的作用，和黑暗一樣，都是使植物徒長。
- 二、植物的向光性需要有生長素才會表現，生長素由生長點製造後由生長點和葉柄儲存，在光刺激之下會誘導莖產生傳遞訊息，此訊息會傳遞到含有生長素的生長點和葉柄，生長點和葉柄再分泌生長素，流向照光組織，造成植物的向光性。
- 三、太空中的無重力狀態，施予藍光照射植物，植物可以正常生長。藍光之下不但有好的光合作用效率，並且在無重力狀態下，可以誘導植物生長到設計好的方向，以充分利用太空艙有限的空間。

玖、參考資料

生物學 (Campbell) 李家維、徐歷鵬、崔文慧、張立雪、黃璧祈、葉開溫、鍾楊聰編譯，偉明出版社。

知識科學百科全書，88-109 頁，青少年科學文庫，鐘文出版社，1995。

高級中學基礎物理(全冊)，林明瑞 主編，第五章：光，南一書局，2004

高級中學生物學(教師用上冊)，林金盾 編著，第八章：激素與協調作用，康熙圖書出版，2004。

高級中學生物學(下冊)，鄭湧涇 編著，第十章：生物對外界刺激的感應，康熙圖書出版，2004。

高級中學生命科學(上冊)，鄭湧涇 編著，第四章：植物的生殖、生長和發育，康熙圖書出版，2004。

高級中學基礎生物(全冊)，施河 主編，南一書局，2004

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

高中組 生物(生命科學)科

佳作

040718

植物向光性的訊息傳導

臺北市私立再興高級中學

評語：

本研究最具意義之發現是光原(藍光)照射量之下半部能有”向光性”之誘導產生，可考慮改進研究方法：

- 1.用二極發光體代替”玻璃紙”
- 2.設計有效遮光(排除”散射光”)之效應。