

植物與光照

一些基本觀念的澄清

國立臺灣師範大學生物系 童武夫

陽光不但可供應能量，由綠色植物將之轉變為化學能，也是重要的環境因素，可刺激植物進行正常的生長發育。因為高等植物必須在獲得光照之後，才能形成葉綠素，以進行光合作用。如果將種子置於黑暗中發芽，則幼苗不能產生葉綠素。於是其生活所需的能量，完全來自於貯存在胚乳或子葉中的養分。當此有限的養分逐漸枯竭時，幼苗就開始老化以致於死亡。另一方面，植物在生長發育過程中，也常會受光照刺激的影響。例如向光性 (phototropism)，即植物的莖向著光源方向生長的現象。對植物來說，這是爭取光源的本能。又如開花，是植物由營養時期分化為生殖時期的轉變。這種轉變在有些植物而言，是受光周期 (photoperiodism) 的影響。上述這些光照對植物影響的現象，都是我們在日常生活中所容易體會到的。

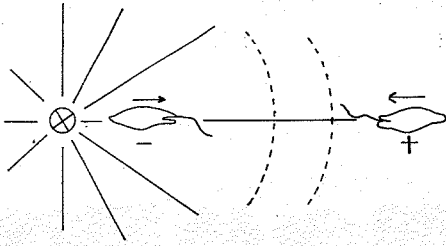
生物對環境因素變動能有所反應的必要條件，是要具有接受刺激的能力，由感受刺激而後引發反應。植物具有多種可感受光照刺激的物質，統稱為植物色素；如葉綠素、胡蘿蔔素、花青素等都是含量多而明顯可見者，也有含量極少，不容易察覺的色素，如植物色原 (phytochrome)、核醣黃素 (riboflavin) 等負責植物對光照的感覺。從歷年來の中、小學科學展覽作品當中，常常可發現到光照和植物相關的研究觀察。究其原

因，不外是 1 取材容易、需要的設備也很簡單。2 植物沒有神經系統，但能感應環境刺激的現象，很容易吸引中、小學生的興趣。然而由於對光照刺激的本質，和植物感應程度間的關係認識不足，而導致實驗設計上的誤差，當然就無法獲得滿意的結果。因此，本文就是針對此問題，分別從光照強度和光照性質兩方面加以簡要地介紹。

一、光照強度 (light intensity)

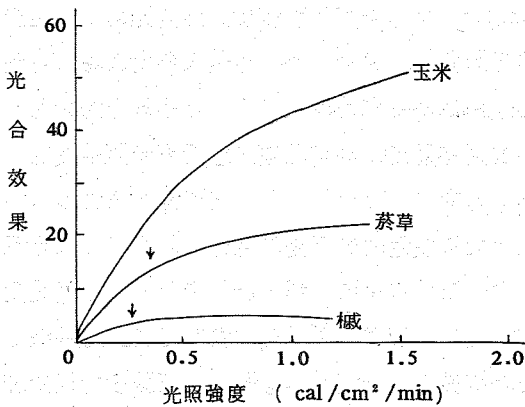
光照強度是指在單位面積所接受到的光子 (photon) 量。光源的強度和光照的距離，都是影響光照強度的直接因素，也是人們所較易注意到的。例如中午和傍晚的日照，等距離上的 10 瓦特和 20 瓦特燈光，都容易被人感受到光照強度的不同。前者是光照距離不同，後者是光源強度有差別。如果使用的光不是綜合光 (即白光，綜合紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫等各色光)，而是用單色光時，還需要考慮到波長和光能間的關係；波長較長，則光能較弱。同樣光源強度的紅光和藍光相比較，則藍光的波長短而能量較高。

植物對光照強度之反應，隨著反應現象的不同而有差異。以單細胞藻類——眼蟲 (Euglena sp.) 的趨光性來說 (圖一)。當光照強度太高時，眼蟲就背離光源。若光照強度太弱，則就趨向光源。可見光照強度的不同，可以造成背光或趨光性



圖一 眼蟲的趨光性和光照強度之關係

的不同反應。高等植物的光合效果 (efficiency of photosynthesis)，在其他因素如二氧化碳、溫度等一定的條件下，增加光照強度可提高光合效果，但光照強度增加到某一程度以後，這種正相關的現象就不再存在，即使再增高光照強度，也不能提高光合效果。此轉變點的光照強度稱為對光合效果的飽和光照 (saturated light intensity)。圖二中的菸草和槭樹都有明顯的飽和光照強度 (箭頭處)，而玉米為四碳植物，故其飽和光照強度不明顯。通常向陽植物 (sun plant) 的飽和光照強度比陰蔽植物 (shade plant) 來得高。植物受光刺激所引起的生理反應不同，其飽



圖二 光照強度對植物光合作用的影響

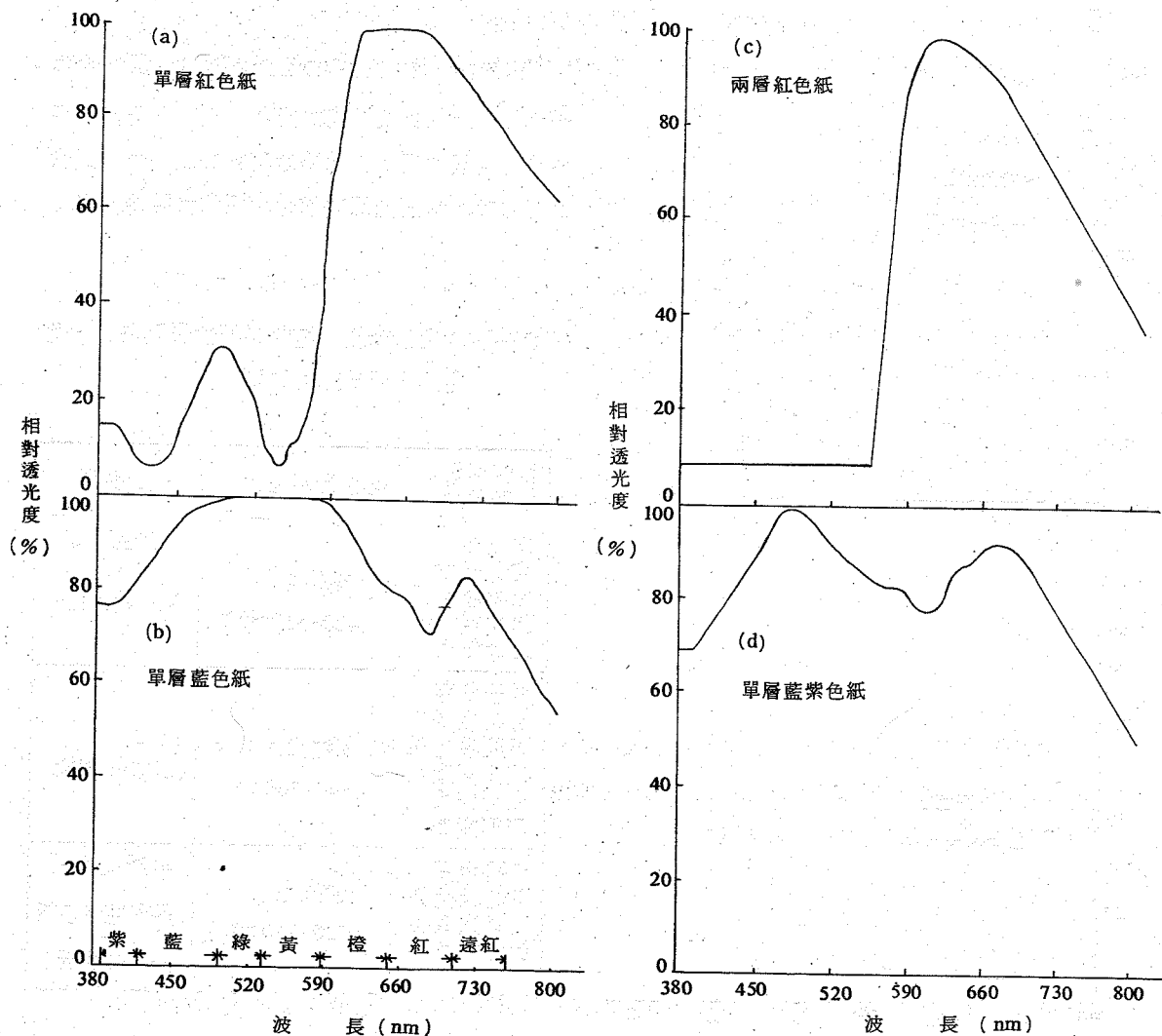
和光照強度也不一樣。一般實驗所採用的光照強度，都是以接近該反應的飽和光照強度為佳。

測定光照強度的簡便方法是使用光度計 (lux meter)。光度計可以在照像器材行購得。此外，

在使用連續性、長時間照光時，光源產生的熱會影響實驗環境的溫度，很可能干擾實驗結果，因此穩定溫度的控制，也必須考慮到。最好是選擇使用產熱較少的光源，而且實驗環境也需要保持良好的通風效果。

二、光照性質 (light quality)

當發現光照會影響植物的某種生理現象之後，若欲深入探討此生理反應之控制色素時，就需要進行單色光照 (monochromatic light) 的實驗。根據不同植物色素所具有的吸光特性，例如葉綠素的最高吸光量是在藍光及紅光部分、胡蘿蔔素則是在藍綠光區，植物色素的吸光以紅光、遠紅光及藍光為主，於是就可依單色光照的實驗結果加以推論之。然而一般人都是憑肉眼的感覺當作單色光的評斷標準，而簡單地以透光色紙過濾光照來認定之，以致造成不正確的實驗結果。因為經色紙濾過的光波相當複雜，並非單純地為我們的肉眼所能分辨。如果以光譜儀 (spectrophotometer) 分析這些從市面上購得的色紙，就可看出其濾過光波之複雜性；紅色紙濾過的光波以紅色為主，也滲有遠紅光及少量的藍綠光 (圖三，a)。藍色紙透過的光波則藍、綠、黃、橙、紅及遠紅光都有，祇是透光之比例有所差異而已 (圖三，b)。若是藍紫色紙 (或稱深藍色紙) 則是以藍、綠、紅三色光為主，也含有少量的黃、橙光 (圖三，d)。可見這些色紙的單獨使用，都不適於代表單色光。如果將色紙配合使用，則可獲得改善的效果。例如以兩層紅色紙濾光，不但可去除部分遠紅光，並可阻止藍綠光的通透 (圖三，c)。但是為了保證獲得更單純的紅光，最好是以三層紅色紙合併使用為佳。如果配合藍色紙及藍紫色紙各一層，則可除去部分的黃、橙紅光 (圖三，f)。因此，欲濾得較純的藍綠光時，還是採用兩層藍紫色紙及一層藍色紙的配

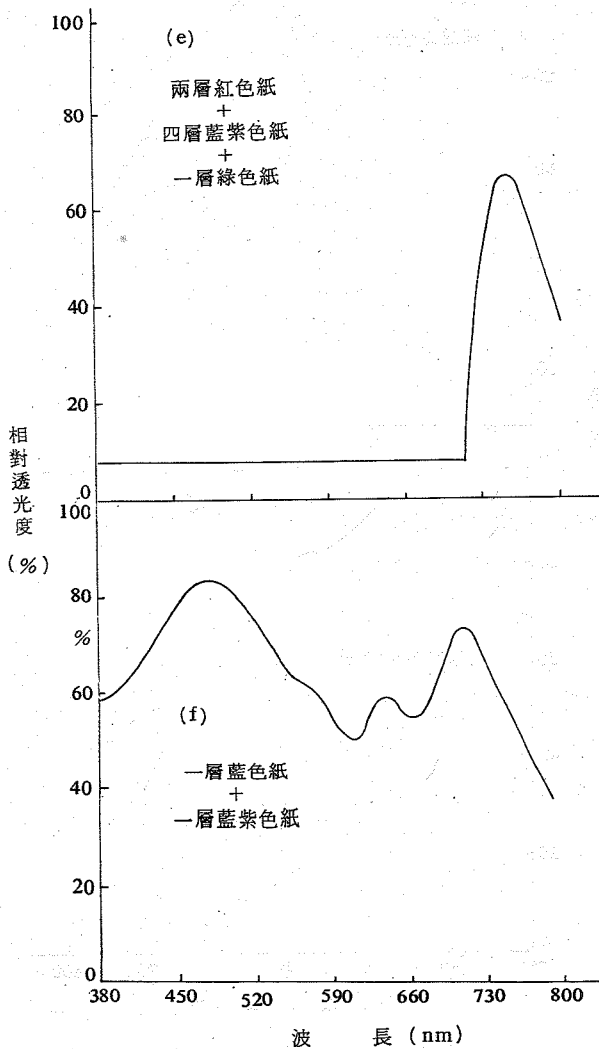


圖三 光譜儀測定各類色紙裝置的透光性質 (a, b, c, d)

合較為妥當。最理想的色紙配合是用四層藍紫色紙、兩層紅色紙及一層綠色紙。這種配合裝置可以除去所有的短波可見光，而祇讓遠紅光通過（圖三，e）。此種濾光效果足可比美遠紅光的單色濾光鏡。

光照對植物的影響是多方面的；以光合作用來說，葉綠素為主要色素，對藍光、紅光的吸收能力高，故藍、紅光都可促進光合作用。胡蘿蔔素也能輔助葉綠素吸收光能，而其吸光高峯是在藍、綠光部分。因此，對光合作用的促進效果而

言，藍綠光必定較紅光為佳。植物莖的向光性（phototropism）有效光照為藍綠光，因為引發向光性的色素可能是一種核醣黃素，其主要吸光範圍就是在藍綠部分。植物色原對單子葉植物幼苗芽鞘及雙子葉植物幼苗下胚軸生長的影響，最為顯著。短時間（5~10分鐘）的紅光照射，可以明顯地抑制芽鞘或下胚軸的生長。而這種抑制效果，可被緊接著的短時間遠紅光照射所削弱。同樣地，紅光可促進花青素的產生，而遠紅光則可降低紅光的促進作用。



圖三 光譜儀測定各類色紙裝置的透光性質 (e, f)

對於如何應用色紙的配合裝置，以獲得較為純化的光照；以及不同的光照性質，所可能影響植物的生理作用，都簡略地歸納於表一中，以供讀者在設計有關光照和植物關係的實驗時參考。

〔表一〕應用色紙裝置控制光照性質及其對植物生理上可能產生的影響

可能影響之生理現象	適用光照性質	色紙裝置
向光性 孢子萌芽 原葉體生長 原生質流動 光合作用	藍綠光 (420-510nm)	一層藍色紙 + 兩層藍紫色紙
種子萌芽 芽鞘生長 下胚軸生長 花青素產生 光合作用 影響開花	紅光 (640-700nm)	三層紅色紙
芽鞘生長 下胚軸生長 花青素產生 影響開花	遠紅光 (720-760nm)	兩層紅色紙 + 四層藍紫色紙 + 一層綠色紙

石英會浮嗎？

小 峯

通常看見石頭沈在水中，如果你依照下面的方法配置溶液，再將石英（或大理石）投入其中，則見石英（或大理石）浮在液面上。

方法：將 65 克 KI，加 75 克 HgI_2 ，再加 15 毫升水，則反應生成 K_2HgI_4 ，此產物易溶於水，其密度為 3.2 g/ml。