中華民國第57屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組　化學科

030214

光與影的交錯

學校名稱：臺東縣立新港國民中學

作者：	指導老師：
國二 尤湘瑜 國二 蘇聖祐 國二 王懷恩	陳敬皓

關鍵詞：光合作用、澱粉、碘液

摘要

本研究是參考光合作用對葉片的影響而有了行動的方向，我們知道光合作用的產物是葡萄糖，並轉化為澱粉的形式儲存能量。我們以鋁箔紙覆蓋在受光不同天數的葉片上，校園植物材料的選擇則盡量以嫩葉、 少毛狀物、較柔軟、角質層薄之葉片為主，藉由加水加熱的方式，再以酒精隔水加熱褪去葉綠素的干擾後，以碘液測試葉片所含之澱粉的多寡所產生的圖樣變化。最終將經碘液處理後的葉片樣本，測試在不同酸鹼及溫度等環境下，對於「碘－澱粉錯合物」的影響，並在當中選取對葉片最適合的酸鹼性及最良好的保存溫度，藉以改善植物進行光合作用實驗所呈現的結果。

壹、研究動機：

在七年級上學期老師帶我們做了光合作用的相關實驗—「植物光合作用產物」，可惜的是實驗結果並沒有完整呈現，在不甘心與好奇心的驅使之下，我們便想對此實驗做進一步的研究，於是就在老師的建議下展開了一連串有關的研究探討及改良實驗。

貳、研究目的與問題：

一、調查校園內的各種植物哪種最合適作為作為碘液測試的樣本。

二、瞭解每天的照光程度與天氣溫度對葉片中澱粉的影響。

三、探討不同「加水加熱與酒精隔水加熱」的溫度，對葉片中澱粉的影響。

四、探討照光幾天的葉片能展現良好的效果。

五、探討不同顏色的玻璃紙包覆對葉片產生澱粉過程中所造成的影響。

六、探討碘液處理後的葉片在何種溫度下最適合保存。

七、探討碘液處理後的葉片放入酸鹼溶液的變色情形。

參、研究設備及器材：

一、研究設備：

500ml燒杯、250ml燒杯、培養皿、鑷子、玻棒、溫度計、酒精燈、三腳架、陶瓷纖維網、夾鏈袋、鐵架、蝴蝶夾、光度計（Android手機APP：Lux meter）、玻璃紙（紅、藍、綠）、複式顯微鏡、加熱板、釘書機、釘書針、蓋玻片、載玻片、標籤紙、黑奇異筆

二、研究器材與藥品：

藥用酒精（95%）、碘液（0.1M）、冰塊、蒸餾水、標定pH值的酸鹼溶液（醋酸、檸檬酸、氨水、鹽酸）

肆、研究過程或方法：

一、實驗原理介紹：

1. 光合作用：

(1)葉綠體在陽光下的作用，把經由氣孔進入葉子內部和由根部吸二氧化碳收的水轉變成爲葡萄糖，再經由氣孔釋放出氧氣。

(2)光反應：$12H_2O+18ADP+18Pi+12NADP^+ \rightarrow 6O_2+18ATP+12NADPH+12H^+$

反應物：陽光、葉綠素、水

能量：太陽能

說明：葉綠素吸收光能分解水分子，產生氧氣、H^+、電子。

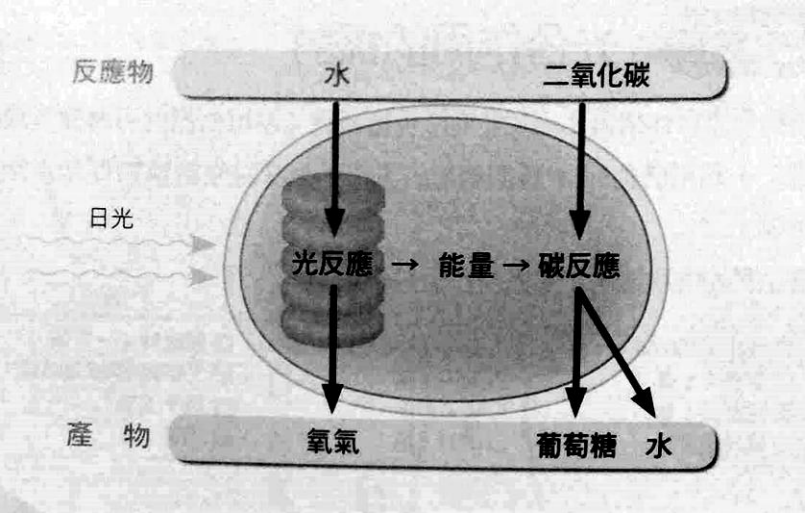
氧氣經由氣孔釋放，而電子則經過電子傳遞鏈合成 ATP（電子被 $NADP^+$ 吸收→ 形成還原性輔酶 NADPH）。

(3)暗反應：$6O_2+18ATP+12NADPH+12H^+ \rightarrow C_6H_{12}O_6+6H_2O+18ADP+12NADP^+$

反應物：二氧化碳、H^+

能量：光反應所產生的能量

說明：利用光反應產生的 ATP 及 NADPH，最終將 CO_2固定並合成葡萄糖。



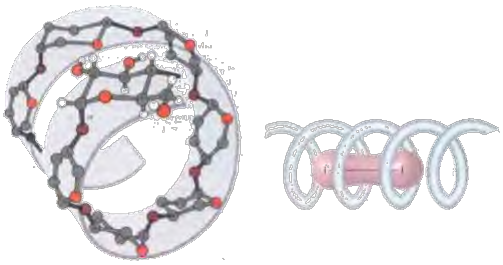
圖一：光合作用示意圖（圖源：翰林版自然七上課本）

(4)葡萄糖儲存於植物的過程植物可將光合作用的暗反應產生的葡萄糖經由聚合轉變成澱粉$(C_6H_{10}O_5)_n$，再以澱粉的形式儲存。

(5)當植物需要能量時，澱粉體可將其中儲存的澱粉分解成葡萄糖，提供植物使用。

2. 碘—澱粉錯合物的形成：

在常溫下，巨大的顆粒澱粉長鏈葡萄糖單元常捲曲成螺旋狀，在這樣的構造內部中，截面積足以容納碘分子於其內，並結合成藍色的碘—澱粉錯合物，如右圖二所示。



碘—澱粉錯合物示意圖
（圖源：網路資源）

二、調查校園內的各種植物哪種最合適作為碘液測試的樣品：

1. 以本校校園植物作為觀察樣本（共4種），以植物圖鑑及相機記錄植物狀況，每種植物摘取未包覆鋁箔與包覆鋁箔的葉片共2片，放入密封袋中，將葉片帶回實驗室做進一步處理。
2. 挑選同種植物較多和常見的葉片，排除較稀有或生長於本校少量的植物葉片，以方便觀察及採取。
3. 想要挑選中對本實驗最適合的葉片需先觀察生長環境是否合適，如：陰暗潮濕的環境不適宜觀察。
4. 選擇大小較為相同和吸收陽光較為充足的地方對本實驗稍有幫助。
5. 選擇葉片並攜回處理時，須將照光天數、加水加熱溫度及酒精隔水加熱溫度固定，以方便挑選。
6. 將擇定葉片進行下列步驟處理：

   加水加熱軟化→到達定溫→再以酒精隔水加熱進行軟化→到達定溫→泡熱水使葉片軟化→再以碘液染色→觀察結果，並記錄實驗結果。
7. 由碘液反應染色後的顏色深淺，判斷最後的結果程度並挑選最適合的植物葉片。

三、瞭解每天的照光程度與天氣溫度對葉片中澱粉的影響：

1. 後續實驗中我們主要以朱槿的葉片為主，其他葉片為輔。依照光天數差異將葉片分為A、B二區塊，再將不同照光天數的葉片進行實驗觀察。

圖二：葉片包覆鋁箔情形

圖三：葉片實驗結果

2. 葉片進行加水加熱軟化→到達定溫→再以酒精隔水加熱進行軟化→到達定溫→泡熱水使葉片軟化→再以碘液染色→觀察結果）等步驟之後，並記錄實驗結果。
3. 在潮濕的12月～1月，能出大太陽的機會並不多，有時出了些少許的陽光之後又開始下起雨來；我們無法讓雨不下，且無法固定每天的天氣，但可將葉片包覆鋁箔的時間延長以獲得較為平均、理想的觀察結果。（除了延長包覆時間，如果天氣情形許可也可縮短時間，做更進一步定期的觀察。）

四、探討不同加水加熱與酒精隔水加熱的溫度對葉片中澱粉的影響：

1. 本實驗同樣以朱槿的葉片為主其他葉片為輔。將相同照光天數的葉片進行加水加熱（其一設定不同溫度）、放入酒精隔水加熱（其一設定不同溫度）等流程，觀察並記錄實驗結果。
2. 固定初溫能夠在每一次做實驗時都有清楚的溫度區間，若不同初溫加熱時軟化葉片所需的時間將有所不同，會增加不必要的實驗變因。因此我們採取60℃為初溫，以加水加熱使葉片軟化，再以酒精隔水加熱去除葉綠素，達到最後的研究結果。
3. 若超過60至85℃的溫度區間會讓實驗的過程有了不一樣的變化。低於60度可能會讓葉片未完全軟化，加熱到超過85度則會使葉片過於軟化而慢慢地從水中發現葉綠素從葉片中跑出，使水漸綠。
4. 排除最高溫與最低溫的研究結果後，加熱板溫度較常設定於210度，加水加熱溫度較常設定在80、81及82度，酒精隔水加熱則較常設定於71、73及74度，葉片進行兩次加熱（軟化和褪去葉綠素）後可獲得實驗結果。

圖四：
樣本葉片加水加熱過程。
（83℃）

圖五：
樣本葉片酒精隔水加熱過程。
（72℃）

圖六：
樣本葉片加水加熱過程。
（81℃）

圖七：
樣本葉片酒精隔水加熱過程。
（74℃）

五、探討照光幾天的葉片能展現良好的效果：

1. 我們個別測試葉片照光，將有陽光的日子進行記錄之後再依步驟進行實驗（加水加熱軟化→到達定溫→再以酒精隔水加熱進行軟化→到達定溫→泡熱水使葉片軟化→再以碘液染色→觀察結果），並記錄實驗結果。
2. 延長照光天數能得知未包覆鋁箔的部分比包覆鋁箔的區位顏色來的更深，包覆時間越長效果越好。包覆時間最短為2天，最長為10天，從這兩個數目之間篩選最適宜的照光天數，其後等待實驗結果。
3. 以同種植物不同的照光天數來比較照光程度的多寡，呈現不同的顏色深淺後帶回實驗室做比較，而選出葉片適合的照光程度與天數。

六、探討不同顏色的玻璃紙包覆對葉片產生澱粉過程中所造成的影響：

1.後續我們以不同顏色的玻璃紙包覆在其葉片上觀察不同色光對於葉片產生澱粉能力的影響結果，雖說梅雨季的5、6月依舊是不停的下雨，我們同樣無法讓雨不下、也無法固定每天葉片所處的環境溫度，卻可延長包覆葉片的時間以獲得較為平均、理想的觀察樣本。

2.我們在葉片中包覆紅、綠、藍，這三種不同顏色的玻璃紙測試不同色光對葉片中澱粉的影響。

3.將紅、綠、藍三種不同色光的玻璃紙依序包覆在葉片上，以包覆不同天數的葉片來做為觀察，包覆愈久，顏色變化愈明顯。

4. 葉片進行加水加熱軟化→到達定溫→再以酒精隔水加熱進行軟化→到達定溫→泡熱水使葉片軟化→再以碘液染色→觀察結果）等步驟之後，使用「複式顯微鏡架相機」觀察葉片染色後情形（相機設定為相同曝光條件），並以並記錄實驗結果。

5.若照光程度相同，我們可以發現到在處理後的葉片中，包覆紅與藍的玻璃紙澱粉較綠玻璃紙來得多，表示包覆綠色玻璃紙部分光合作用速率較差。

圖八：包覆紅、綠、藍三種不同顏色的玻璃紙示意圖

七、探討經碘液處理後的葉片在何種溫度下最適合保存：

1. 我們發現經前面碘液處理後的葉片，在任意溫度下隨時間經過，碘－澱粉錯合物會有分解的狀況出現，因而造成褪色的狀況，使得樣品成果不易保存，因此我們以不同溫度測試，將溫度設定為0℃（冰水共存）、30℃（常溫，對照組）、90℃（高溫）來進行研究。

2. 將經過加水加熱軟化→到達定溫→再以酒精隔水加熱進行軟化→到達定溫→泡熱水使葉片軟化→再以碘液染色→觀察結果）等步驟的葉片，放置不同的溫度中，觀察葉片在不同溫度下的影響。

3. 將兩片天數相同的葉片做實驗，經上述實驗步驟處理後放置不同的溫度當中並開始計時，一片由定溫加熱板進行隔水加熱、於90℃時觀察碘液褪去情形，另一片則置於燒杯中、於外杯冰水共存的狀態下放入冷藏定溫，於0℃時觀察碘液褪去情形。

八、探討經碘液處理後的葉片放入酸鹼溶液的變色情形

1. 不考慮破壞性的強性酸鹼，我們採以弱酸與弱鹼做為本實驗所採用的酸鹼溶液。

2. 選定固定pH值的氨水（pH：9.8）、醋酸（pH：3.8）、檸檬酸（pH：3.4）等酸鹼溶液進行實驗比較。

3.將經過加水加熱軟化→到達定溫→再以酒精隔水加熱進行軟化→到達定溫→泡熱水使葉片軟化→再以碘液染色→觀察結果）等步驟的葉片分別加入不同pH值的酸鹼溶液，觀察葉片變色情形。

伍、研究結果：

一、調查校園內的各種植物哪種最合適作為碘液測試的樣品

本次實驗共用4種植物的葉片，地點則選在本校的孔子園，記錄葉片外表及特徵，以尋求進行接下來實驗的葉片。

根據實驗結果顯示朱槿最適合（顏色最深、最明顯）其他的依序為車前草、姑婆芋、月桂葉。所以後續我們以朱槿為主要實驗研究用的葉片樣本。

【表一：校園植物的類型與外觀】

圖示				
植物名稱	朱槿	月桂葉	姑婆芋〈海芋〉	車前草
葉形	卵形	橢圓形	廣軟狀心形	卵狀或橢圓形
葉緣	鋸齒緣或具淺裂	波狀	先端銳尖，全緣	波狀緣

【表二：每種葉片所處環境】

植物名稱	平均溫度	平均空氣濕度
朱槿	19.5℃	74.5%
車前草	18.9℃	75.2%
月桂葉	20.1℃	73.5%
姑婆芋(海芋)	18.7℃	74.6%

【表三：每種葉片日平均照光程度】

每日 8：00~15：00，每日二小時以照度計測量照度（中午時段為13：00測量）連續測量六天， 求平均值。

觀測日期 植物名稱	2/15-2/16	2/17-2/18	2/19-2/20
朱槿	1900 lux	1300 lux	980 lux
車前草	1300 lux	1000 lux	600 lux
月桂葉	1000 lux	950 lux	1200 lux
姑婆芋(海芋)	650 lux	700 lux	600 lux

由表二與表三觀察的環境結果與後續的實驗分析得知，環境溫度與濕度差異影響葉片表現並不明顯，但朱槿的葉片所受的光照來的相對較高，能呈現實驗最好的效果。

二、瞭解每天的照光程度與天氣溫度對葉片中澱粉的影響：

1. 將未包覆鋁箔的葉片部位作為A組，包覆鋁箔的葉片部位作為B組來進行實驗，經過碘液測試後發現A組顏色比B組深。由此可得知，照光時間愈長，測出來的澱粉含量也相對來得比較多，實驗成功率也相對愈高。
2. 每天的溫度都不同，有時大雨連綿，有時又晴朗無雲，雖無法維持一樣的天氣狀況，但我們可以延長葉片的包覆時間以求得平均環境。在沒有陽光的環境下，葉片會與原來的顏色差不多，而較無法做出想要的結果。大太陽時就能夠明顯的表現包覆鋁箔與未包覆鋁箔的差別，甚至能看出在照光好幾天的葉片上，包覆鋁箔的那部份逐漸泛黃，也讓我們了解到包覆越久的葉片，越不容易獲得能量來合成養分。

【表四： A組與B組光照觀察】

觀測日期 組別	2/14	2/15	2/16	2/17
A組照度	1000 lux	950 lux	1000 lux	1200 lux
B組照度	15-50 lux	10-40 lux	10-65 lux	20-75 lux

3. 上述A組與B組取葉樣品的樹為同一棵、同一片葉子，所以由上表知，照光程度也相對不同，後續經碘液測試後，葉片顏色呈現上有較大的差異。

三、探討不同加水加熱與酒精隔水加熱的溫度對葉片中澱粉的影響：

1. 加水加熱：

經由實驗可以得知加水加熱可讓葉片軟化，加鹽巴可以使葉片軟化更快，但葉片只能軟化到某一個程度。以初溫60度開始計算葉片的加熱溫度介於60～85度，為了達到適合的溫度，我們不斷嘗試不同的溫度對葉片的影響有多大。

2. 酒精加熱：

酒精加熱可以讓葉片顏色變淺，主要目的是為了去除葉綠素的干擾。當葉片第二次加熱時會使酒精顏色變綠，這是因為葉綠素在加熱過程中不斷地往外散讓葉片外觀看起來捲曲變硬，之後只要泡熱水就能讓葉片軟化。

3. 對於加水加熱及酒精隔水加熱的影響，溫度需固定在某個範圍來進行測量，過高、過低皆易使觀察結果弱化。為了達到理想的結果，必須測試不同的溫度對本研究葉片的影響，使葉片能呈現最好的效果。

4.進行加熱後的葉片本身外觀的改變並不明顯，因此我們選擇由葉片軟化程度來決定最適合的溫度。

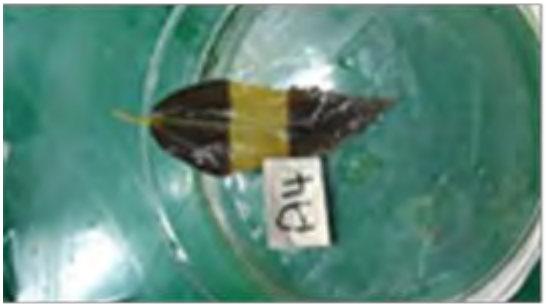
【表五：比較不同溫度加水加熱後葉片軟化程度】

加水加熱溫度	加水加熱後葉片的軟化程度
６５℃	＋＋
７０℃	＋＋
７５℃	＋＋＋
８０℃	＋＋＋＋
８５℃	＋＋＋＋＋

※加水加熱“＋”表示葉片軟化程度越軟。

※加水加熱後葉片的軟化程度“＋”越多表示葉片越軟。

圖十三：加水加熱70℃



圖十四：加水加熱85℃

圖十五：酒精加熱85度

圖十六：酒精加熱80度

圖十七：酒精加熱70度

圖十八：酒精加熱65度

【表六：以酒精加熱不同溫度比較葉片硬化及褪色程度】

加熱溫度	酒精隔水加熱後葉片硬化程度	酒精隔水加熱後葉片褪色程度
６５℃	＋＋＋＋	＋＋＋
７０℃	＋＋＋＋	＋＋＋
７５℃	＋＋＋＋＋	＋＋＋＋
８０℃	＋＋＋＋＋	＋＋＋＋
８５℃	＋＋＋＋＋	＋＋＋＋＋

※酒精隔水加熱後葉片硬化程度“＋”愈多表示硬化程度愈高

※酒精隔水加熱後葉片褪色程度 “＋”愈多表示褪色程度愈高

圖十七：酒精隔水加熱60℃（上）與75℃（下）

四、探討照光幾天的葉片能展現良好的效果

1. 在相同的環境當中篩選不同的照光天數的葉片來做比較，使得葉片呈現不同的顏色（綠色）深淺程度，再浸泡碘液因此呈現不同的顏色（藍黑色）。
2. 使用照光天數愈多的葉片成功率愈高，而且最後以碘液進行染色顏色愈接近藍黑色。
3. 雖然葉片照光越多天，成效會愈好，但是由於生長緣故角質層也會相對的變厚，所以要使用照光較多天的葉，增加隔水加熱的時間。

【表七：比較葉片軟化及褪色程度】

天數	葉片軟化所需時間	葉片褪色程度
3	＋＋＋	＋＋＋＋
5	＋＋＋－	＋＋＋－
7	＋＋＋＋	＋＋＋
9	＋＋＋＋	＋＋＋

※葉片軟化所需時間“－”表示1個“＋”的一半

※葉片褪色程度“－”表示1個“＋”的一半

【表八：各種加熱時間對葉片的影響】

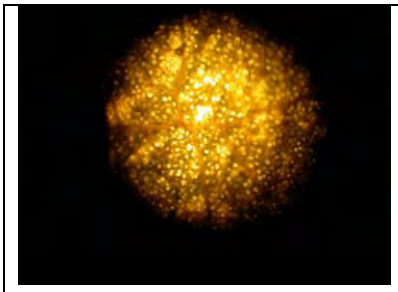
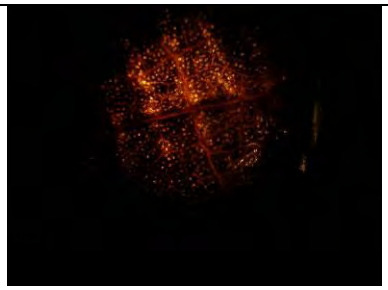
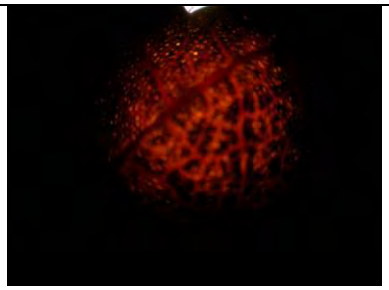
加水加熱時間	加水加熱葉片軟化程度	酒精隔水加熱時間	酒精隔水加熱顏色深度
7 min	＋＋＋	5 min	＋＋＋
8 min	＋＋＋＋	6 min	＋＋＋＋
9 min	＋＋＋＋	7 min	＋＋＋＋＋

4. 直接觀察未包覆鋁箔的葉片對實驗的影響。我們以固定溫度及固定時間兩種設定進行研究，並觀察結果。

五、探討不同顏色的玻璃紙包覆對葉片產生澱粉過程中所造成的影響

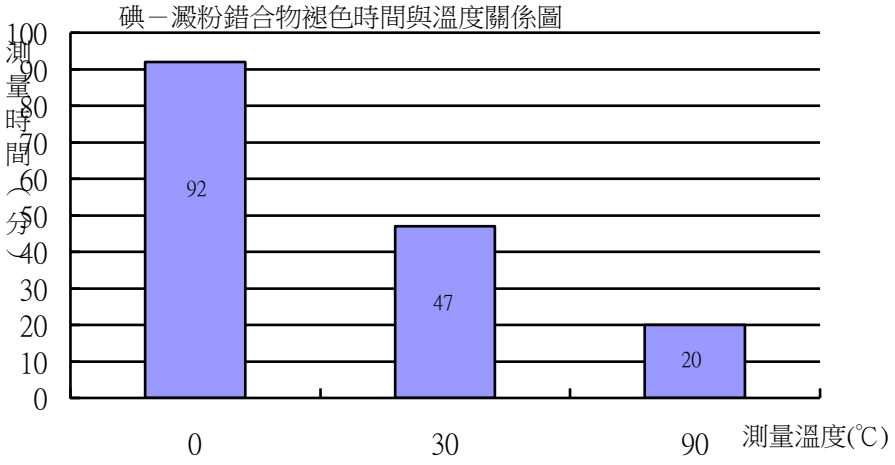
1.經由本實驗可發現被綠色玻璃紙包覆住的部分顏色最淺，表示葉片該部分經綠色玻璃紙包覆後，進行光合作用能力最弱。

2.以紅色、藍色玻璃紙包覆住部分顏色接近，成色較黑，表示該部分進行光合作用能力大致相同，且優於綠色玻璃紙包覆住的部分。

		
圖十八：以綠色玻璃紙包覆葉片。	圖十九：以紅色玻璃紙包覆葉片。	圖二十：以藍色玻璃紙包覆葉片。

六、探討處理後的葉片在何種溫度下最適合保存

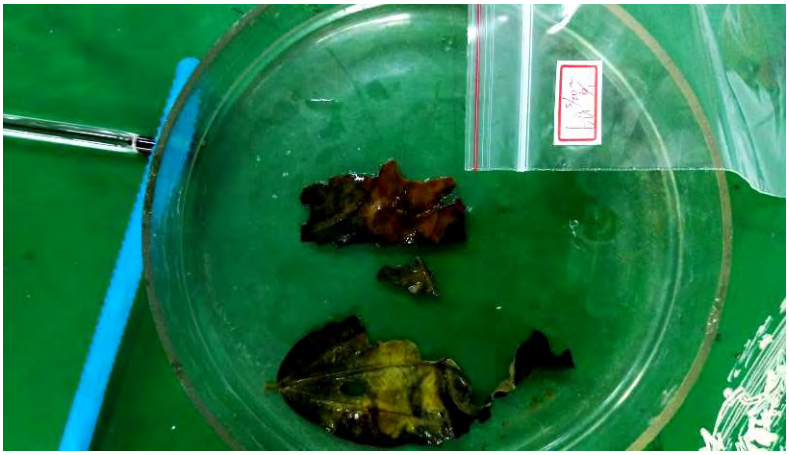
1.本實驗可發現，經碘液處理後的葉片在任何溫度下，碘－澱粉錯合物會有分解、褪色的狀況出現，而不同溫度下可發現碘－澱粉錯合物達到相似的褪色情形如下方折線圖所示，由此可知葉片中碘－澱粉錯合物的褪色速率為「高溫＞常溫＞低溫」。



經觀察後，發現碘－澱粉錯合物在高溫(90℃)褪色的時間比低溫(0℃)褪色的時間快約三倍，而常溫（對照組）介於這兩者之間，其快慢關係依序為高溫＞常溫＞低溫。

七、探討處理後的葉片放入酸鹼溶液的變色情形

1.將處理後的葉片放入酸性溶液中葉片顏色會變深，放入鹼性溶液中葉片顏色則會變成鮮艷的綠色。



圖二十一：顏色較深的葉片是放入檸檬酸溶液的樣本；
顏色較淺的葉片則是放入氨水的樣本。

陸、討論：

一、依照實驗可以發現只要照光天數與總照度成正比，但因為葉片隨著生長會漸漸變厚、影響觀察結果，所以配合天氣因素，我們主要挑選包覆三至七天期間的葉片作為觀察目標。

二、酒精隔水加熱葉片時間過長，澱粉將跟著葉綠素一起褪去；反之，加熱時間過短，葉綠素未褪去，澱粉的反應則不容易表現出來。因此以操作最佳環境而言，我們建議以加水加熱80至82℃處理5至9分鐘來去除角質層，酒精則以71至74℃加熱3至7分鐘來去除葉綠素。

三、原則上我們以學校實驗室所提供之0.1M的碘液針對樣品澱粉進行測試，即可獲得良好的呈色效果。

四、在拍攝、記錄有關顏色變化時建議以相機設定為相同曝光值、環境進行拍攝，以減少誤差。

五、高溫褪去碘液時發現以隔水加熱的方式對葉片進行處理，加熱時間愈長，將使葉片逐漸乾枯，而愈來愈小。

六、經觀察後，發現高溫(90℃)褪去碘液的時間比低溫(0℃)褪去碘液的時間快，其快慢關係為高溫＞常溫＞低溫；我們推測因為高溫對於「碘－澱粉錯合物」的螺旋性結構的穩定性造成破壞而無法長時間保存、造成褪色。

七、在滴入碘液時可以增加碘液濃度、或者放入酸性溶液中以增加實驗反應速率，但是不可使用強酸，因為葉片結構會被破壞；無論放入酸、鹼性溶液都將造成葉片色素變質的現象，但在鹼性溶液中會呈現不一樣的鮮豔綠色，影響實驗觀察結果。

柒、結論：

一、根據實驗觀察結果可發現葉子的外觀（角質層、細毛、硬度）以上這些都對實驗影響甚大，所以選擇角質層愈薄、細毛少的葉片會愈容易處理，加水加熱時間也可以愈短，因此我們主要以朱槿作為觀察對象。

二、實驗材料永久保存時必須注意：葉片在漂洗後水分需充分風乾，滴上碘液時碘液量不可太多，放入密封袋中需將袋中空氣完全擠出並且以低溫保存，如此能使標本保存更久。

三、探討葉片本身對本實驗結果之影響：葉片本身具有角質層及毛狀物，在加水加熱軟化時，有些植物 需要極長的時間，甚至有些葉片無論加熱多久，都無動於衷，這樣就是不適用的材料。

四、探討不同色光照射對澱粉產生的影響：發現以綠色的玻璃紙包覆葉片對葉綠素生成澱粉效率較差，而紅色及藍色的玻璃紙包覆葉片時生成澱粉速率相對較快，因此我們認為植物在行光合作用時，對於綠色光的需求是較弱的，而由色光反射的概念來說，反射綠光的葉片也間接證實了這樣的看法。

五、經碘液處理後的葉片褪色速率由快至慢依序為高溫＞常溫＞低溫，若以保存實驗後的樣品成果而言，建議保存於低溫下較易持久。

六、在滴入碘液時可以適量增加碘液濃度，或者放入酸性溶液中增加反應速率，來獲得較為明顯的觀察結果。

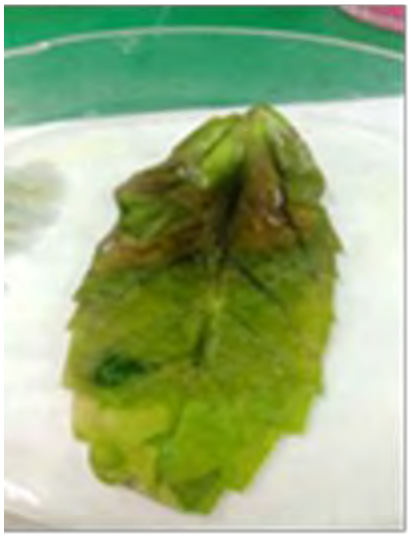
六、我們的目的是利用室外生長的植物來證明澱粉是光合作用的最終產生物，而光照是光合作用製造澱粉的必要條件。植物葉片只要接受適當光線，在其葉片中就有澱粉儲存，而碘液測得澱粉時則會由褐色轉為藍黑色，葉片顏色愈深，表示該部位光合作用效果愈高。

四、未來展望：

1. 可藉由環境二氧化碳的含量多寡，觀察對於植物澱粉的生成有何重要關聯。
2. 可運用不同的圖樣對葉片進行遮蔽，創造出不同圖樣的結果，與藝術創作結合。

註：本項未來展望為最初實驗的研究方向，但因遮光效果較差，且需要更長的照光時間，因此我們在本次實驗中僅以一部份為目的來進行研究。

圖二十二：以印刷版圖形遮光



圖二十三：以印刷版圖形遮光，呈現效果差

3. 更改光源對於葉片進行光合作用的影響：研究以自然光的方式進行實驗，例如強光手電筒等人工光源，觀察是否能得到與陽光照射的結果。

4. 持續將課本的實驗條件做進一步的優化，讓往後的學生做此項實驗的成功率更高。

捌、參考資料：

一、光合作用（維基百科）：

https://www.google.com.tw/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj7k9239_rSAhWBfrwKHdt2DIIQFggjMAI&url=https://zh.wikipedia.org/zh-tw/光合作用&usg=AFQjCNGxHtkDg2WI0xAH0EEqiMg_c3r59w

二、自然與生活科技康軒版課本（七上）第62至65頁。

三、東海附中高一基礎生物講義 第一章 生命的特性

http://140.128.107.194/wpmu/thuhsd003/files/2013/05/1-5-e7b4b0e8839ee79a84e883bde9878f.pdf

【評語】030214

優點：

1. 題目取題於國中自然與生物科技領域，研究內容為生物課實驗的延伸，並改進課程實驗內容，值得嘉許。

建議：

1. 題目和歷屆作品有雷同之處，同時若單純顏色深淺判斷為較主觀之科學觀測。
2. 作品可以同時單純討論試劑最佳化使題目侷限其應用範圍，若是針對校園中之不同科屬植物本身之光合作用差異性進行延伸探討可使作品更加豐富及充實。

作品海報

摘　要

本研究是參考光合作用對葉片的影響而有了行動的方向，我們知道光合作用的產物是葡萄糖，並轉化為澱粉的形式儲存能量。我們以鋁箔紙覆蓋在受光不同天數的葉片上，校園植物材料的選擇則盡量以嫩葉、少毛狀物、較柔軟、角質層薄之葉片為主，藉由加水加熱的方式，再以酒精隔水加熱褪去葉綠素的干擾後，以碘液測試葉片所含之澱粉的多寡所產生的圖樣變化。最終將經碘液處理後的葉片樣本，測試在不同酸鹼及溫度等環境下，對於「碘 - 澱粉錯合物」的影響，並在當中選取對葉片最適合的酸鹼性及最良好的保存溫度，藉以改善植物進行光合作用實驗所呈現的結果。

壹、研究動機：

在七年級上學期時，老師帶我們做了光合作用的相關實驗─「植物光合作用產物」，可惜的是實驗結果並沒有完整呈現，在不甘心與好奇心的驅使之下，我們便想對此實驗做進一步的研究，於是就在老師的建議下展開了一連串有關的研究探討及改良實驗。

貳、研究目的與問題：

一、調查校園內的各種植物哪種最合適作為作為碘液測試的樣本。
二、瞭解每天的照光程度與天氣溫度對葉片中澱粉的影響。
三、探討不同「加水加熱與酒精隔水加熱」的溫度，對葉片中澱粉的影響。
四、探討照光幾天的葉片能展現良好的效果。
五、探討不同顏色的玻璃紙包覆對葉片產生澱粉過程中所造成的影響。
六、探討碘液處理後的葉片在何種溫度下最適合保存。
七、探討碘液處理後的葉片放入酸鹼溶液的變色情形。

參、研究過程與方法：

一、實驗原理介紹：

1. 光合作用：

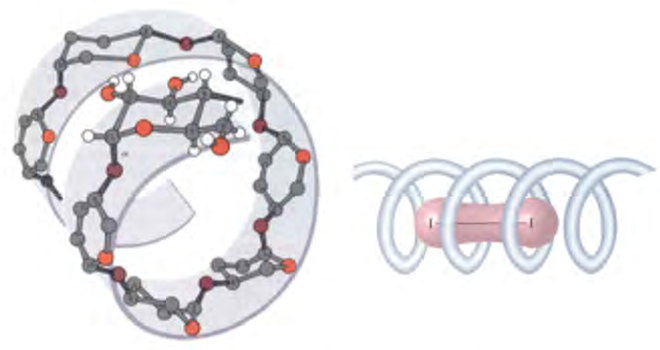
(1) 葉綠體在陽光下的作用，把經由氣孔進入葉子內部的二氧化碳和由根部吸收的水轉變成爲葡萄糖，再經由氣孔釋放出氧氣。

(2) **光反應**：$12H_2O+18ADP+18Pi+12NADP^+ \rightarrow 6O_2+18ATP+12NADPH+12H^+$

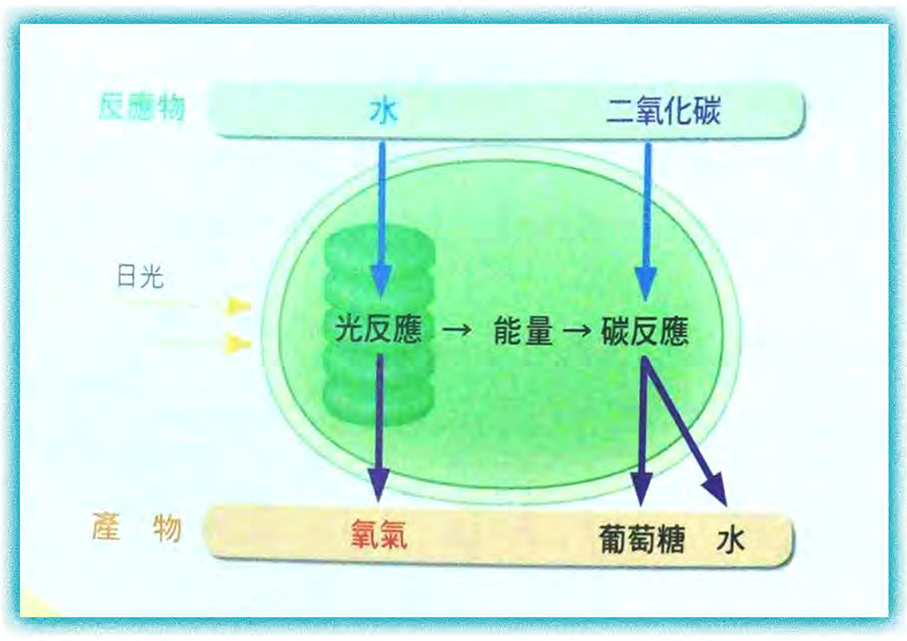
(3) **暗反應**：$6CO_2+18ATP+12NADPH+12H^+ \rightarrow C_6H_{12}O_6+6H_2O+18ADP+12NADP^+$

2. 碘 - 澱粉錯合物：

巨大的顆粒澱粉長鏈上，葡萄糖單元常捲曲成螺旋狀，這樣的構造內部，截面積足以容納碘分子於其內，並結合成藍色的「碘—澱粉錯合物，如下圖所示。



圖片取自於翰林版自然七上課本



二、調查校園內的各種植物哪種最合適作為碘液測試的樣品：

1. 以本校校園植物使用材料等共 4 種，以植物圖鑑及相機記錄植物狀況，每種植物摘取未包覆鋁箔與包覆鋁箔的葉片共 2 片，放入密封袋中，將葉片帶回實驗室做進一步處理。
2. 挑選同種植物較多和常見的葉片，排除較稀有或生長於本校少量的植物葉片，以方便觀察及採取。
3. 將擇定葉片進行下列步驟處理：隔水加熱軟化→酒精褪去葉綠素→漂洗使葉片軟化方便觀察→碘液染色→觀察結果最後得到實驗結果並記錄之。
4. 根據實驗結果顯示朱槿最適合（顏色　最深、最明顯）其他的依序為車前草、姑婆芋、月桂葉。所以後續我們以朱槿為主要實驗研究用的葉片樣本。

圖示				
植物名稱	朱槿	月桂葉	姑婆芋〈海芋〉	車前草
葉形	卵形	橢圓形	廣軟狀心形	卵狀或橢圓形
葉緣	鋸齒緣或具淺裂	波狀	先端銳尖，全緣	波狀緣

植物名稱＼觀測日期	2/15-2/16	2/17-2/18	2/19-2/20
朱槿	1900 lux	1300 lux	980 lux
車前草	1300 lux	1000 lux	600 lux
月桂葉	1000 lux	950 lux	1200 lux
姑婆芋(海芋)	650 lux	700 lux	600 lux

三、瞭解每天的照光程度與天氣溫度對葉片中澱粉的影響：

1. 後續實驗中我們主要以朱槿的葉片為主，其他葉片為輔。依照光天數差異將葉片分為 A、B 二區塊，再將不同照光天數的葉片進行實驗觀察。
2. 葉片進行加水加熱軟化→到達定溫→再以酒精隔水加熱進行軟化→到達定溫→泡熱水使葉片軟化→再以碘液染色→觀察結果）等步驟之後，並記錄實驗結果。

3. 將未包覆鋁箔的葉片部位作為A區，包覆鋁箔的葉片部位作為B區來進行實驗，經過碘液測試後發現A區顏色比B區深。由此可得知，照光時間愈長，測出來的澱粉含量也相對來得比較多，實驗成功率也相對愈高。

4.在潮濕的12月～1月，能出大太陽的機會並不多，有時出了些少許的陽光之後又開始下起雨來；我們無法讓雨不下，且無法固定每天的天氣，但可將葉片包覆鋁箔的時間延長以獲得較為平均、理想的觀察結果。（除了延長包覆時間，如果天氣情形許可也可縮短時間，做更進一步定期的觀察。）

5.在沒有陽光的環境下，葉片會與原來的顏色差不多，而較無法做出想要的結果。大太陽時就能夠明顯的表現包　覆鋁箔與未包覆鋁箔的差別，甚至能看出在照光好幾天的葉片上，包覆鋁箔的那部份逐漸泛黃，也讓我們了解到包覆越久的葉片，越不容易獲得能量來合成養分。

植物名稱	平均溫度	平均空氣濕度
朱槿	19.5℃	74.5%
車前草	18.9℃	75.2%
月桂葉	20.1℃	73.5%
姑婆芋(海芋)	18.7℃	74.6%

四、探討不同加水加熱與酒精隔水加熱的溫度對葉片中澱粉的影響：

1. 本實驗同樣以朱槿的葉片為主其他葉片為輔。將相同照光天數的葉片進行加水加熱（其一設定不同溫度）、放入酒精隔水加熱（其一設定不同溫度）等流程，觀察並記錄實驗結果。

2.因此我們採取60℃為加水加熱初溫；常溫為酒精隔水加熱初溫，以加水加熱使葉片軟化，再以酒精隔水加熱去除葉綠素，達到最後的研究結果。

3. 排除最高溫與最低溫的研究結果後，加熱板溫度較常設定於210度，加水加熱溫度較常設定在80~82度，酒精隔水加熱則較常設定於71~74度，葉片進行兩次加熱（軟化和褪去葉綠素）後可獲得較良好的實驗結果。

圖四：樣本葉片加水加熱過程。（83℃）

圖五：樣本葉片酒精隔水加熱過程。（72℃）

圖六：樣本葉片加水加熱過程。（81℃）

圖七：樣本葉片酒精隔水加熱過程。（74℃）

圖十五：酒精加熱85度

圖十六：酒精加熱80度

圖十七：酒精加熱70度

圖十八：酒精加熱65度

五、探討照光幾天的葉片能展現良好的效果：

1.包覆時間最短為2天，最長為10天，從這兩個數目之間篩選最適宜的照光天數，我們個別測試葉片照光，將有陽光的日子進行記錄之後再依步驟進行實驗（加水加熱軟化→到達定溫→以酒精隔水加熱進行軟化→到達定溫→泡熱水使葉片軟化→以碘液染色→觀察結果），並記錄實驗結果。

2. 雖然葉片照光越多天，成效會愈好，但是由於生長緣故角質層也會相對的變厚，所以要使用照光較多天的葉，必須增加隔水加熱的時間。

3.最後經由實驗得知選擇3~7天的葉片效果較為良好，低於3天照光程度不足；高於7天時角質層較厚，需要較長的加水加熱軟化時間。

天數	葉片軟化所需時間	葉片褪色程度
3	+++	++++
5	+++−	+++−
7	++++	+++
9	++++	+++

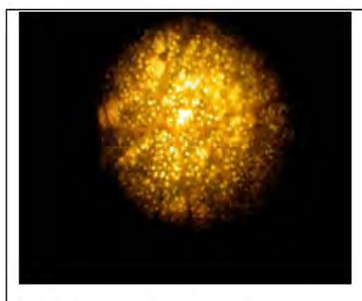
六、探討不同顏色的玻璃紙包覆對葉片產生澱粉過程中所造成的影響：

1.我們在葉片中包覆紅、綠、藍，這三種不同顏色的玻璃紙測試不同色光對葉片中澱粉的影響。

2.將紅、綠、藍三種不同色光的玻璃紙依序包覆在葉片上，以包覆不同天數的葉片來做為觀察；包覆愈久，葉片顏色變化的程度愈明顯。

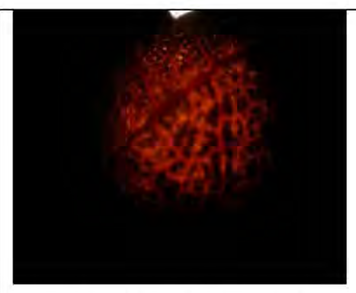
3.若照光程度相同，我們可以發現到在處理後的葉片中，包覆紅與藍的玻璃紙澱粉較綠玻璃紙來得多，表示包覆綠色玻璃紙部分，進行光合作用效率較差。

葉片包覆方法



圖十八：以綠色玻璃紙包覆葉片。

圖十九：以紅色玻璃紙包覆葉片。



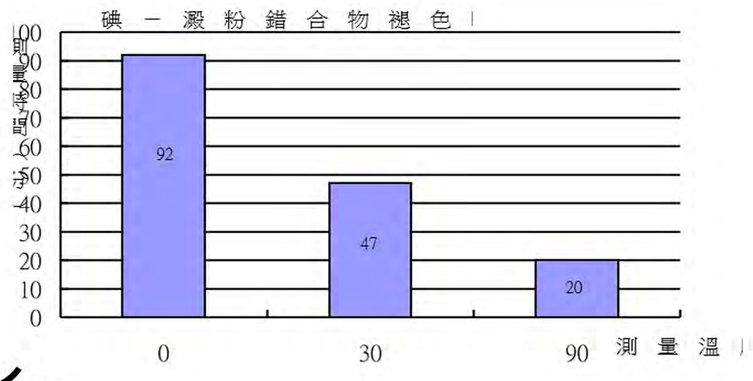
圖二十：以藍色玻璃紙包覆葉片。

七、探討經碘液處理後的葉片在何種溫度下最適合保存：

1.我們發現經前面碘液處理後的葉片，在任意溫度下隨時間經過，碘 - 澱粉錯合物會有分解的狀況出現，因而造成褪色的狀況，使　得樣品成果不易保存，因此我們以不同溫度測試，將溫度設定為0℃（冰水共存）、30℃（常溫，對照組）、90℃（高溫）等組別來進行比較、研究。

2.將兩片天數相同的葉片做實驗，經上述實驗步驟處理後放置不同的溫度當中並開始計時，一片由定溫加熱板進行隔水加熱、於90℃時觀察碘液褪去情形，另一片則置於燒杯中、於外杯冰水共存的狀態下放入冷藏定溫，於0℃時觀察碘液褪去情形。

3.不同溫度下可發現碘 - 澱粉錯合物達到相似的褪色時間關係如右方圖形所示，由此可知在葉片中碘 - 澱粉錯合物的褪色速率為「高溫 > 常溫 > 低溫」。



八、探討經碘液處理後的葉片放入酸鹼溶液的變色情形：

1.不考慮腐蝕性過於強烈的強酸鹼，採以弱酸與弱鹼做為本實驗所採用的酸鹼溶液。

2.選定固定pH值的氨水（pH：9.8）、醋酸（pH：3.8）、檸檬酸（pH：3.4）等酸鹼溶液進行實驗比較。

3.將處理後的葉片放入酸性溶液中葉片顏色將變深，放入鹼性溶液中葉片則會變成鮮艷的綠色。

陸、討論：

一、依照實驗可以發現只要照光天數與總照度成正比，但因為葉片隨著生長會漸漸變厚、影響觀察結果，所以配合天氣因素，我們主要挑選包覆三至七天期間的葉片作為觀察目標。

二、酒精隔水加熱葉片時間過長，澱粉將跟著葉綠素一起褪去；反之，加熱時間過短，葉綠素未褪去，澱粉的反應則不容易表現出來。因此以操作最佳環境而言，我們建議以加水加熱80至82℃處理5至9分鐘來去除角質層，酒精則以71至74℃加熱3至7分鐘來去除葉綠素。

三、原則上我們以學校實驗室所提供之0.1M的碘液針對樣品澱粉進行測試，即可獲得良好的呈色效果。

四、在拍攝、記錄有關顏色變化時建議將相機設定為相同曝光值、環境，以減少誤差。

五、高溫褪去碘液時發現以隔水加熱的方式對葉片進行處理，加熱時間愈長，將使葉片逐漸乾枯，而愈來愈小。

六、在滴入碘液時可以增加碘液濃度、或者放入酸性溶液中以增加實驗反應速率，但是不可使用強酸，因為葉片結構會被破壞；無論放入酸、鹼性溶液都將造成葉片色素變質的現象，但在鹼性溶液中會呈現不一樣的鮮豔綠色，影響實驗觀察結果。

柒、結論：

一、根據實驗觀察結果可發現葉子的外觀（角質層、細毛、硬度）以上這些都對實驗影響甚大，所以選擇角質層愈薄、細毛少的葉片會愈容易處理，加水加熱時間也可以愈短，因此我們主要以朱槿作為觀察對象。

二、實驗材料永久保存時必須注意：葉片在漂洗後水分需充分風乾，滴上碘液時碘液量不可太多，放入密封袋中需將袋中空氣完全擠出並且以低溫保存，如此能使標本保存更久。

三、探討葉片本身對本實驗結果之影響：葉片本身具有角質層及毛狀物，在加水加熱軟化時，有些植物 需要極長的時間，甚至有些葉片無論加熱多久，都無動於衷，這樣就是不適用的材料。

四、探討不同色光照射對澱粉產生的影響：發現以綠色的玻璃紙包覆葉片對葉綠素生成澱粉效率較差，而紅色及藍色的玻璃紙包覆葉片時生成澱粉速率相對較快，因此我們認為植物在行光合作用時，對於綠色光的需求是較弱的，而由色光反射的概念來說，反射綠光的葉片也間接證實了這樣的看法。

五、經碘液處理後的葉片褪色速率由快至慢依序為高溫 > 常溫 > 低溫，若以保存實驗後的樣品成果而言，建議保存於低溫下較易持久。

六、在滴入碘液時可以適量增加碘液濃度，或者放入酸性溶液中增加反應速率，來獲得較為明顯的觀察結果。

捌、未來展望：

一、可藉由環境二氧化碳的含量多寡，觀察對於植物澱粉的生成有何重要關聯。

二、可運用不同的圖樣對葉片進行遮蔽，創造出不同圖樣的結果，與藝術創作結合。

註：本項未來展望為最初實驗的研究方向，但因遮光效果較差，且需要更長的照光時間，因此在本次實驗中僅以一部份為目的來進行研究。

三、更改光源對於葉片進行光合作用的影響：研究以自然光的方式進行實驗，例如強光手電筒等人工光源，觀察是否能得到與陽光照射的結果。

四、持續將課本的實驗條件做進一步的優化，讓往後的學生做此項實驗的成功率更高。

玖、參考資料：

一、光合作用（維基百科）： https://goo.gl/o2ihPY

二、自然與生活科技康軒版課本（七上）第62至65頁。

三、東海附中高一基礎生物講義 第一章 生命的特性：http://140.128.107.194/wpmu/thuhsd003/files/2013/05/1-5-e7b4b0e8839ee79a84e883bde9878f.pdf