

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作者說明書

高中組化學科

040206

國立臺中女子高級中學

指導老師姓名

徐孟君

作者姓名

王淨樺

林芳而

陳柔伊

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會 作品說明書

科別：化學科

組別：高中組

作品名稱：「金」枝玉「葉」 - 金奈米與葉綠素的交互作用

關鍵詞：金奈米、葉綠素

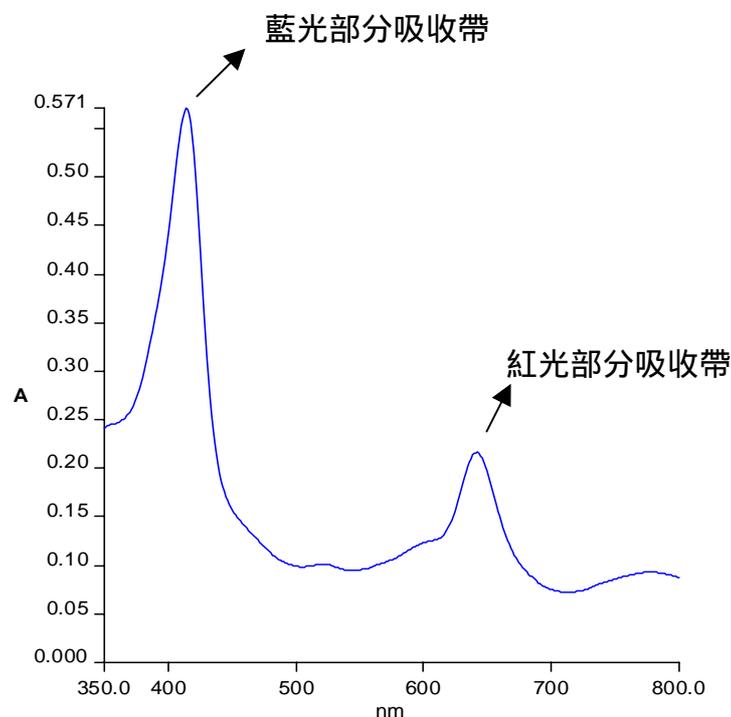
編號：

目錄

| | | |
|----|--------------|------|
| 壹、 | 摘要..... | P.02 |
| 貳、 | 研究動機..... | P.03 |
| 參、 | 研究目的..... | P.04 |
| 肆、 | 研究設備及器材..... | P.05 |
| 伍、 | 研究過程或方法..... | P.06 |
| 陸、 | 研究結果..... | P.09 |
| 柒、 | 討論..... | P.24 |
| 捌、 | 結論..... | P.28 |
| 玖、 | 參考資料及其他..... | P.29 |

壹、摘要

本實驗在探討，當金奈米粒子和植物中的葉綠素a產生鍵結作用力時，能量轉移的結果是否能幫助葉綠素a擁有較大的儲存能量以進行電子傳遞鏈。我們發現加了金奈米的葉綠素a溶液，葉綠素a紅光部分吸收帶(參考圖一)的吸收強度有增強的趨勢，而金奈米吸收波峰的吸收強度相對減弱。因此為了進一步探討金奈米和葉綠素a之間能量轉移和濃度的關係，我們將金奈米和不同毫升數的葉綠素a作用，並將其結果和金奈米與葉綠素a的吸收強度和作比較，使用正規化的計算方法算出比值，由此看出兩者之間能量轉移的效率，並將葉綠素a毫升數與正規化所得比值的關係繪成圖表。結果發現，當葉綠素a的加入的毫升數約小於0.3毫升或約大於0.5毫升時，得到正規化的比值為定值，而在約0.3毫升至0.5毫升之間，正規化得到的數值和葉綠素濃度的關係則是一條遞增的曲線。因此，我們可以得知，當加入葉綠素a約0.5毫升時，金奈米和葉綠素a之間能量轉移的效率最高，因為此時葉綠素a已達飽和，所以當葉綠素a超過0.5毫升時，在溶液中為過量，故不影響正規化得到的比值。



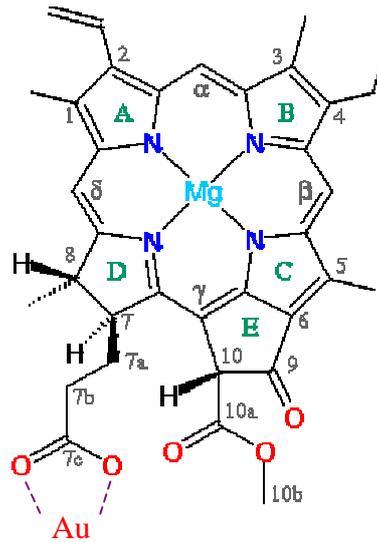
(圖一) 葉綠素a 的吸收光譜圖

貳、研究動機

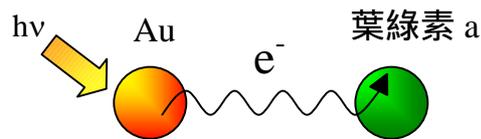
葉綠素是植物體中的有機色素，能夠將光能轉化成植物體行光合作用的能量。在牛頓出版的「從綠葉到激光光盤」中，看見一些常見的太陽能電池種類，例如：由金或其它金屬/有機薄膜/鋁或其它金屬組成的三明治電池，所選的有機物是葉綠素。所以如何讓葉綠素轉換能量的能力提高，無疑是一個更有效利用「綠色能源」的挑戰。在學校的生物課，我們學到植物在行光合作用的光反應過程中，葉綠素 a 分子需利用光能激發電子以進行電子傳遞鏈，因此我們想到：如果能夠增加葉綠素 a 的能量，即可能幫助葉綠素轉換光能及行光合作用的能力。近日來，由於奈米科技突飛猛進，奈米微粒的許多特性，紛紛應用到許多生物科技上和某些市面上的商品。因此使我們想要利用奈米科技的力量，研究當粒子縮小至奈米尺寸時對葉綠素的影響，是否能夠提高葉綠素轉換光能的效率。

參、研究目的

本研究探討當金奈米與葉綠素 a 之間產生鍵結作用力（參考圖二）時，從吸收光譜的變化與金奈米放光光譜圖的結果，推測電荷轉移的原因。並探討能量轉移的效率與葉綠素 a 濃度的關係，在何種情況下金奈米和葉綠素 a 之間能量轉移的變化最為明顯（參考圖三），使葉綠素 a 擁有較大的能量以進行電子傳遞鏈，進而幫助植物在光合作用中光反應的進行。



（圖二）金奈米與葉綠素 a 間鍵結作用力的示意圖



電荷轉移(charge transfer)

（圖三）本實驗在於探討金奈米和葉綠素之間的電荷轉移。

肆、研究設備及器材

一、儀器：

- (一) 螢光光譜儀 (FP 6200 Spectrofluorometer)
- (二) 光譜儀 (PerkinElmer instruments Lambda 900 UV/VIS/NIR Spectrometer)
- (三) 超音波洗淨器 (BRANDSONIC[®] ul transonic cleaner)

二、器材：

- (一) 磁石
- (二) 磨鉢及杵
- (三) 烤箱或烘箱
- (四) 漏斗
- (五) 分液漏斗
- (六) 濾紙

三、藥品：

- (一) 菠菜
- (二) 四氯金(III)酸 (HAuCl_4)
- (三) Ethyl ether 乙醚 ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$)
- (四) Methyl alcohol 甲醇 (CH_3OH)
- (五) Sodium Citrate 檸檬酸鈉 ($\text{Na}_2\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_7$)
- (六) Acetone 丙酮 (80%) (CH_3COCH_3)
- (七) Potassium hydroxide 氫氧化鉀 (KOH)
- (八) Petroleum ether 石油醚

伍、研究過程或方法

一、金奈米製備：

配製0.01%的 HAuCl_4 ，放入錐形瓶中劇烈地攪拌，加熱到些微沸騰時，快速地將1%檸檬酸鈉對著攪拌溶液的漩渦處倒入，持續加熱10分鐘，移除加熱器之後再攪拌15分鐘。待溶液回復至室溫，經過濾可得粒徑均勻之奈米微粒。

因為金奈米的製備過程中，檸檬酸鈉的劑量會影響金奈米的顆粒大小，因此我們分別在沸騰的 HAuCl_4 加入不同量的檸檬酸鈉，並將加入不同量的檸檬酸鈉分別代號A、B、C。

| 金奈米代號 | A | B | C |
|------------------------|-------|--------|--------|
| HAuCl_4 0.01% | 100mL | 100mL | 100mL |
| 檸檬酸鈉 1% | 2.5mL | 1.5 mL | 0.5 mL |

(表一)

二、萃取葉綠素 a：

(一)、將市售菠菜半斤摘下葉片，置於高溫 110 烤箱內烘乾 2 小時。

(二)、秤乾菠菜 2.5g 置於磨鉢內磨成細粉。

(三)、加入 40mL 80%丙酮；繼續研磨使溶液呈深綠色。

(四)、取 50mL 石油醚先置入分液漏斗內，再將濾液徐徐倒入，慢慢旋轉(不可用力振盪)，使其分層，下層顏色淺、上層顏色深綠，再沿管壁徐徐加入 70mL 蒸餾水，再旋轉之，使分層更明顯，丟掉下層液，再用 25mL 蒸餾水洗二次，同法丟掉下層液。

(五)、加入 50mL 92%甲醇於步驟(四)之上層液慢慢旋轉，使分二層，沿管壁每次加入 5mL 蒸餾水直至二層明顯分開。

上層液 - 葉綠素 a 及類胡蘿蔔素

下層液 - 葉綠素 b 及葉黃素

(六)、取步驟(五)之上層液(葉綠素 a 及類胡蘿蔔素)30mL，加 15mL 新解配之 30% 甲醇-氫氧化鉀溶液，靜置 10 分鐘，再加 30mL 蒸餾水，下層液即是葉綠素 a。

三、配製下列溶液測其光譜：

| 第一組 | | | |
|-------------|-----------|-------|--------------------------------------|
| 金奈米代號 A(mL) | 葉綠素 a(mL) | 水(mL) | 實驗控制 |
| 2 | | 2 | 混合後 30 秒放入偵測槽，連續測 2 次吸收光譜，時間間隔 2 分鐘。 |
| | 1.0 | 3 | |
| | 0.9 | 3.1 | |
| | 0.7 | 3.3 | |
| | 0.5 | 3.5 | |
| | 0.4 | 3.6 | |
| | 0.3 | 3.7 | |
| | 0.2 | 3.8 | |
| | 0.1 | 3.9 | |
| 2 | 1.0 | 1.0 | |
| 2 | 0.9 | 1.1 | |
| 2 | 0.7 | 1.3 | |
| 2 | 0.5 | 1.5 | |
| 2 | 0.4 | 1.6 | |
| 2 | 0.3 | 1.7 | |
| 2 | 0.2 | 1.8 | |
| 2 | 0.1 | 1.9 | |

(表二)

| 第二組 | | | |
|-------------|-----------|-------|--------------------------------------|
| 金奈米代號 B(mL) | 葉綠素 a(mL) | 水(mL) | 實驗控制 |
| 2 | | 2 | 混合後 30 秒放入偵測槽，連續測 2 次吸收光譜，時間間隔 2 分鐘。 |
| | 1 | 3 | |
| | 0.9 | 3.1 | |
| | 0.7 | 3.3 | |
| | 0.5 | 3.5 | |
| | 0.4 | 3.6 | |
| | 0.3 | 3.7 | |
| | 0.2 | 3.8 | |
| | 0.1 | 3.9 | |
| 2 | 1 | 1 | |
| 2 | 0.9 | 1.1 | |
| 2 | 0.7 | 1.3 | |
| 2 | 0.5 | 1.5 | |
| 2 | 0.4 | 1.6 | |
| 2 | 0.3 | 1.7 | |
| 2 | 0.2 | 1.8 | |
| 2 | 0.1 | 1.9 | |

(表三)

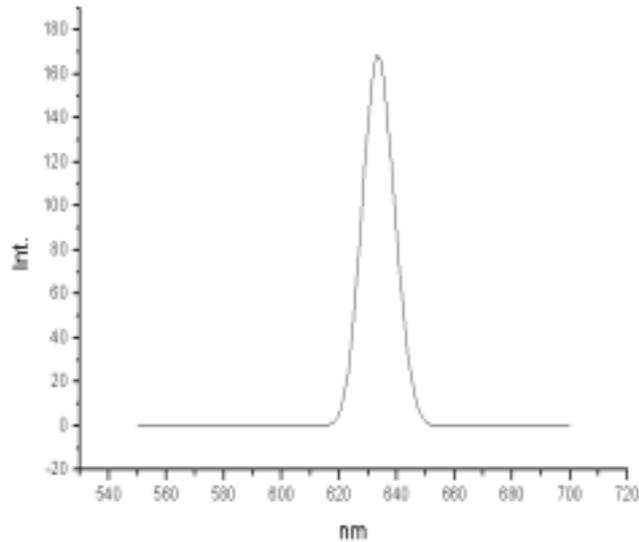
| 第三組 | | | |
|-------------|-----------|-------|------|
| 金奈米代號 C(mL) | 葉綠素 a(mL) | 水(mL) | 實驗控制 |
| 2 | | 2 | |
| | 1 | 3 | |
| | 0.7 | 3.3 | |
| | 0.5 | 3.5 | |
| | 0.4 | 3.6 | |
| | 0.3 | 3.7 | |
| | 0.1 | 3.9 | |
| 2 | 1 | 1 | |
| 2 | 0.7 | 1.3 | |
| 2 | 0.5 | 1.5 | |
| 2 | 0.4 | 1.6 | |
| 2 | 0.3 | 1.7 | |
| 2 | 0.1 | 1.9 | |

(表四)

四、使用螢光光譜儀，設定 517nm 的激發光，觀察金奈米的放光位置。

陸、研究結果

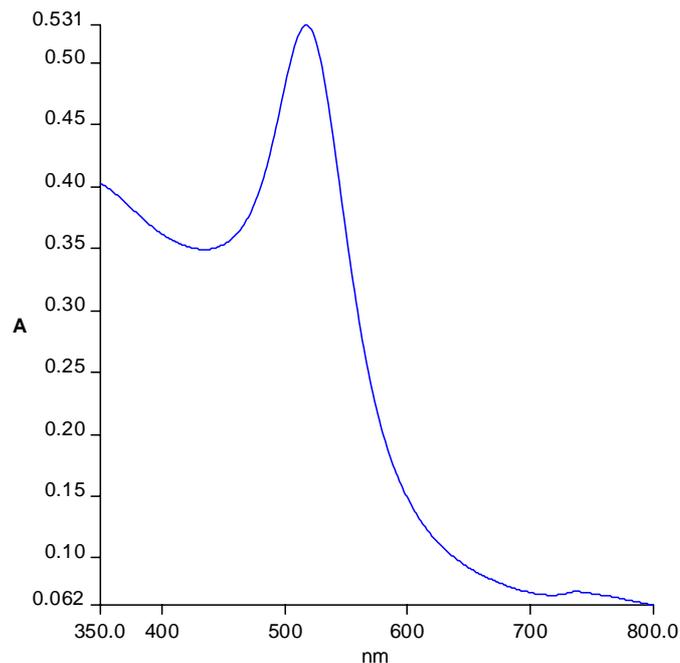
一、使用螢光光譜儀，設定 517nm 的激發光，看到金奈米的放光位置。



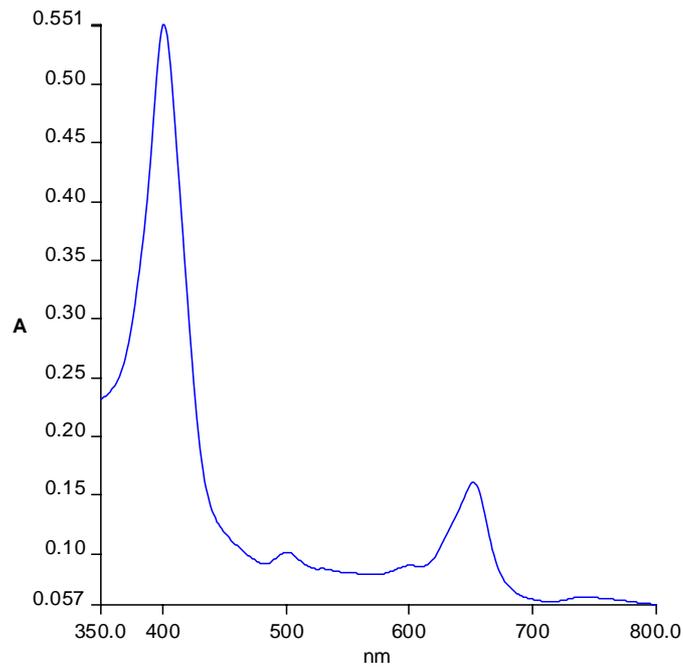
(圖四)

二、由實驗三吸收光譜測量的結果，我們得到金奈米與不同濃度葉綠素 a 及兩者混合之後測 2 次的吸收光譜圖，於是我們使用電腦軟體將金奈米與特定濃度葉綠素 a 的吸收強度加成，與我們實際操作將兩者混合得到的吸收光譜圖(測第 2 次的)作比較。以下是第一組配製溶液所得到的吸收光譜圖：

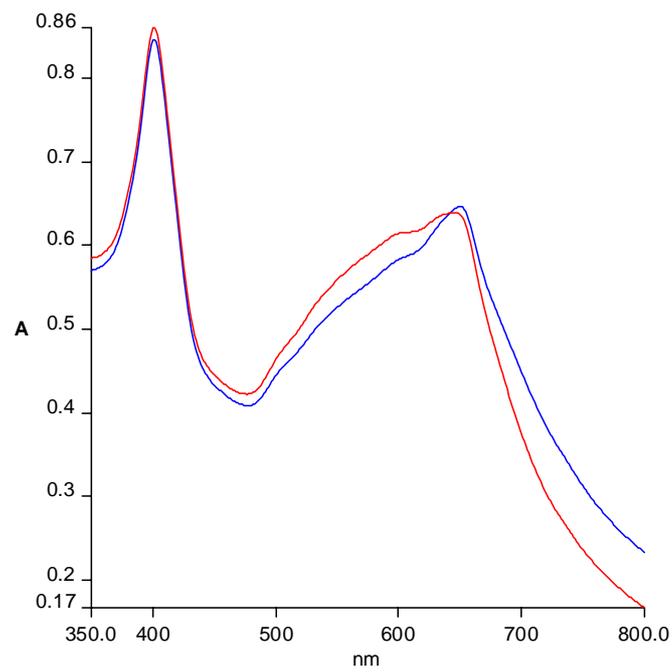
(由於報告篇幅的限制，以下只陳列第一組的吸收光譜圖。)



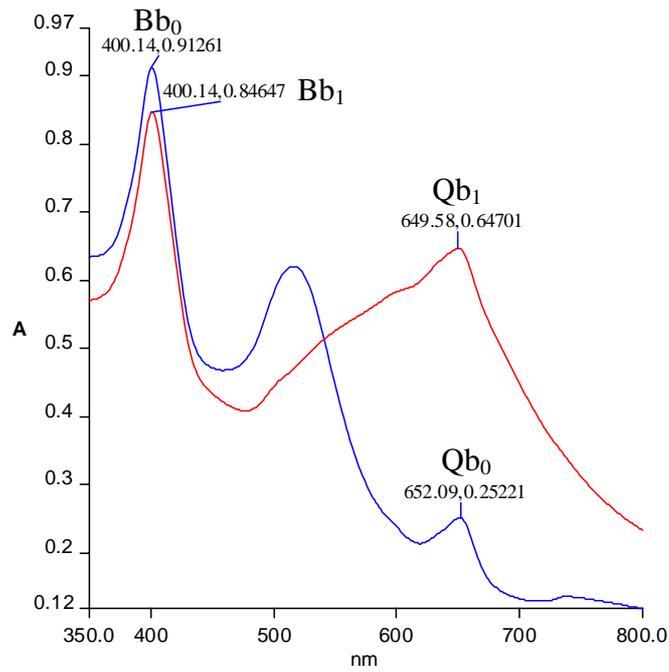
(圖五) 金奈米 A2mL +水 2mL



(圖六) 葉綠素 a 1mL + 水 3mL



(圖七) 金奈米 A2 mL + 葉綠素 a 1 mL + 水 1 mL
 紅色：第一次測 藍色：隔兩分鐘後測第二次

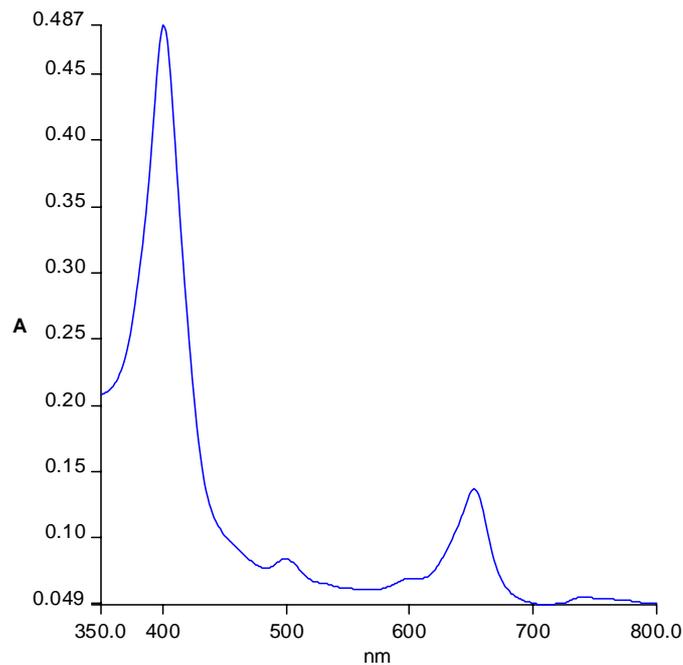


(圖八)

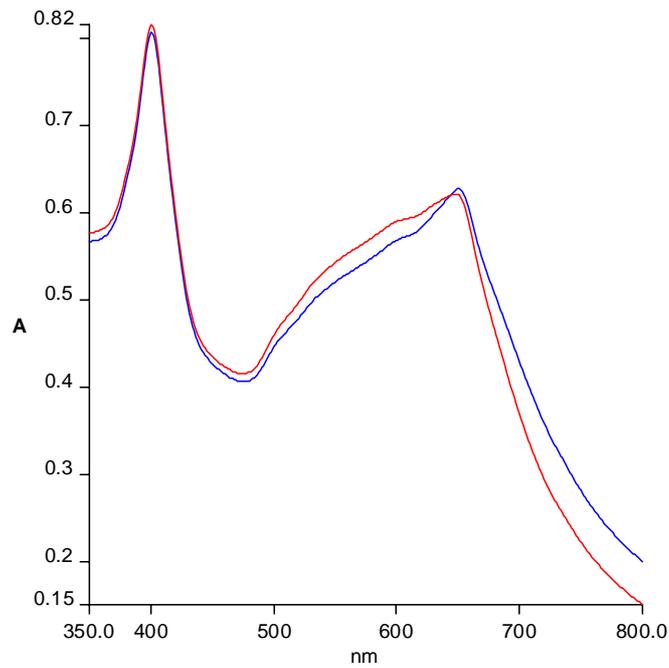
紅：圖七第二次測的吸收光譜圖 藍：使用電腦軟體將圖五與圖七的吸收強度相加

Bb₀ (Qb₀): 利用電腦軟體將個別金奈米 A 和葉綠素 a 的吸收強度相加後藍光 (紅光) 部分吸收帶之吸收波峰的強度。

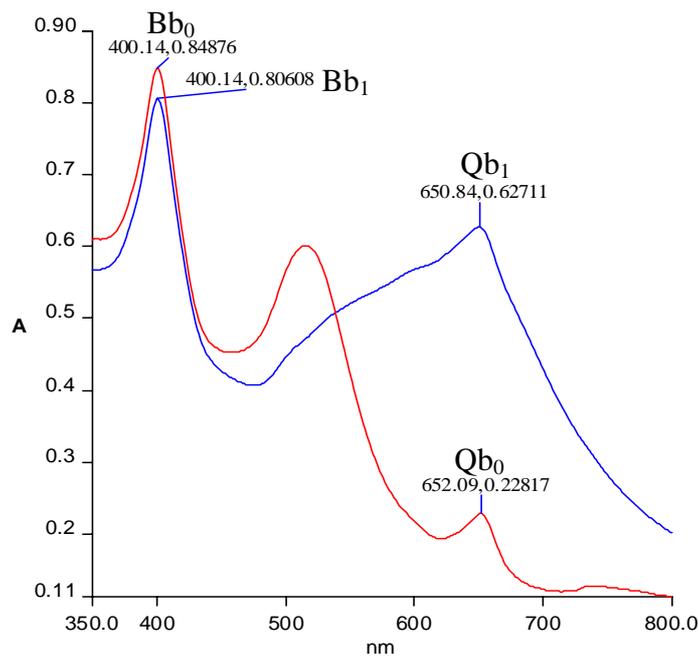
Bb₁ (Qb₁): 金奈米 A 2mL + 葉綠素 a 1mL + 水 1mL 後得到的藍光 (紅光) 部分吸收帶吸收波峰的強度。



(圖九) 葉綠素 a 0.9mL + 水 3.1mL



(圖十) 金奈米 A2mL + 葉綠素 a 0.9mL + 水 1.1mL
 紅色：第一次測 藍色：隔兩分鐘後測第二次

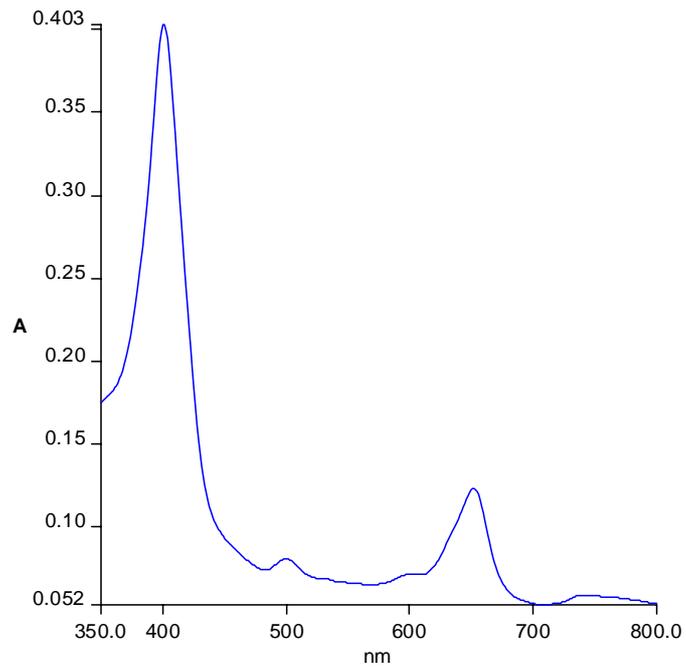


(圖十一)

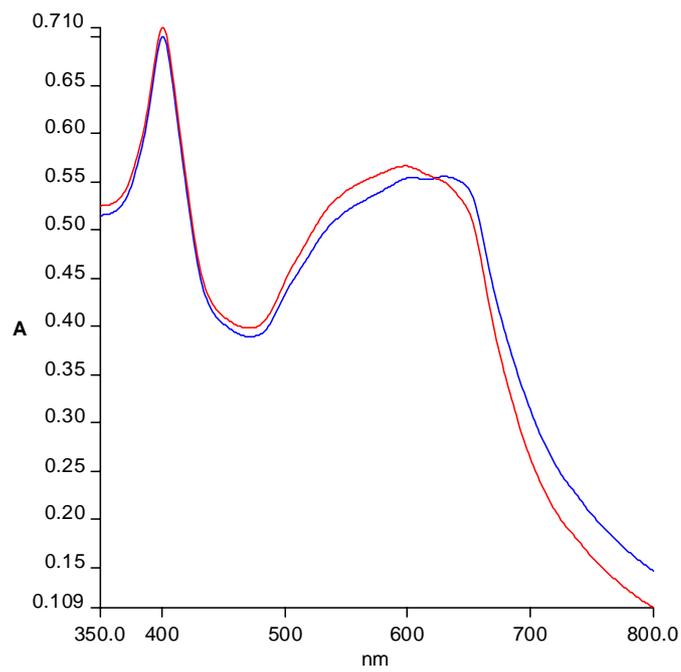
藍：圖十第二次測的吸收光譜圖 紅：使用電腦軟體將圖五與圖九的吸收強度相加

Bb₀ (Qb₀): 利用電腦軟體將個別金奈米 A 和葉綠素 a 的吸收強度相加後藍光 (紅光) 部分吸收帶吸收波峰的強度。

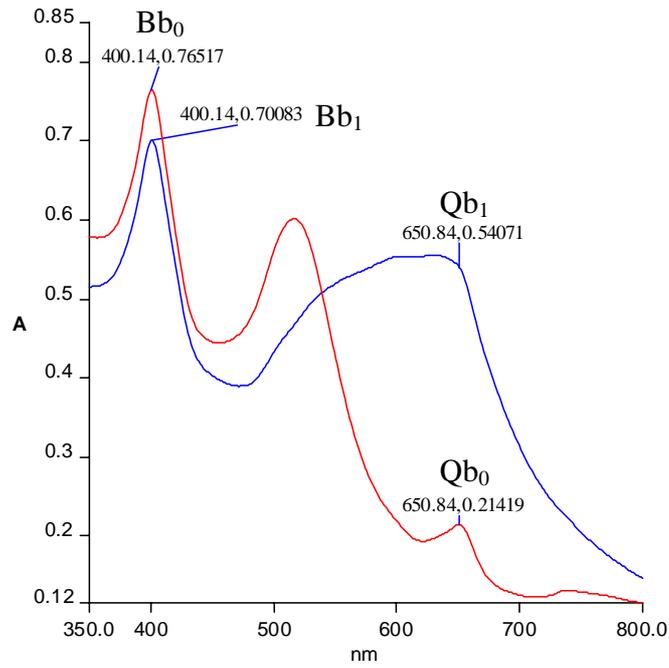
Bb₁ (Qb₁): 金奈米 A2mL+葉綠素 a 0.9mL +水 1.1mL 後得到的藍光 (紅光) 部分吸收帶吸收波峰的強度。



(圖十二) 葉綠素 a 0.7mL + 水 3.3mL



(圖十三) 金奈米 A2mL + 葉綠素 a 0.7mL + 水 1.3mL
 紅色：第一次測 藍色：隔兩分鐘後測第二次

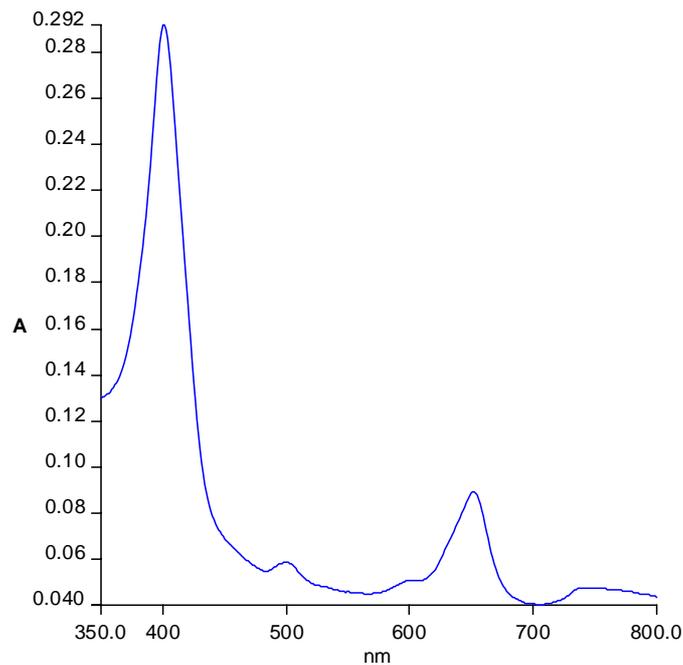


(圖十四)

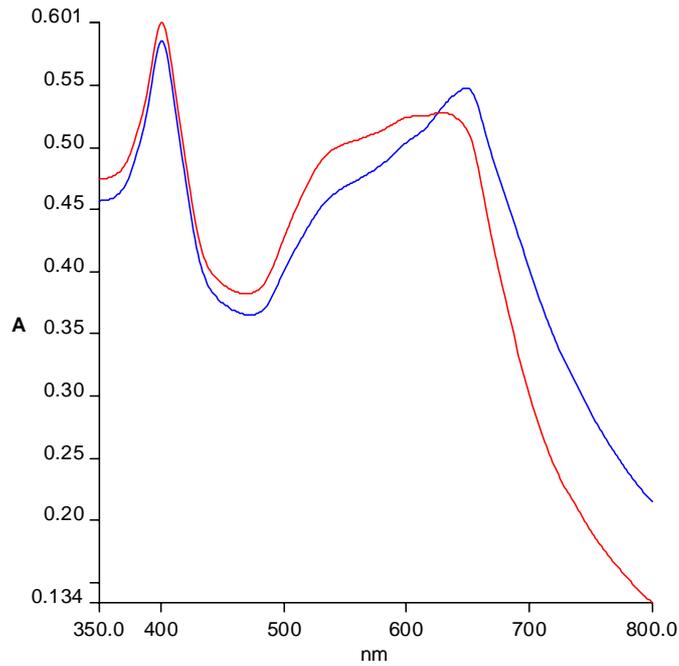
藍：圖十三第二次測的吸收光譜圖 紅：使用電腦軟體將圖五與圖十二的吸收強度相加

Bb₀ (Qb₀): 利用電腦軟體將個別金奈米 A 和葉綠素 a 的吸收強度相加後藍光 (紅光) 部分吸收帶吸收波峰的強度。

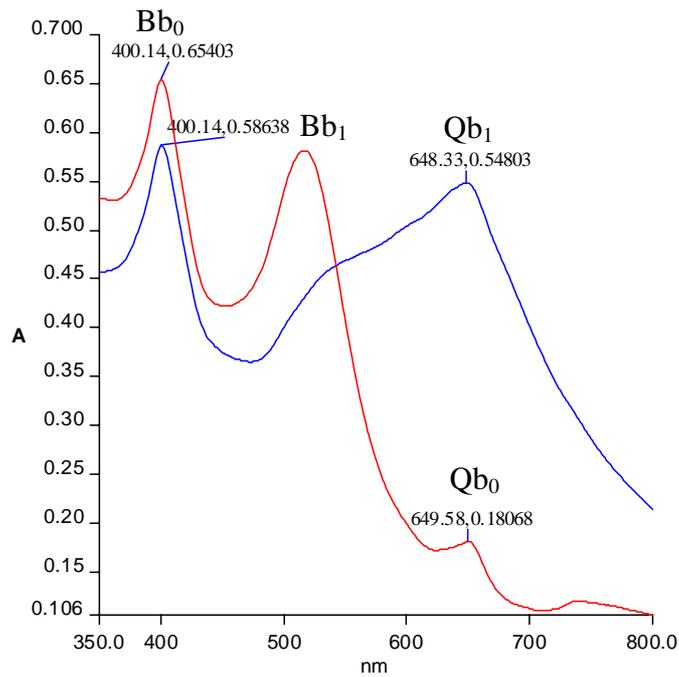
Bb₁ (Qb₁): 金奈米 A 2mL + 葉綠素 a 0.7mL + 水 1.3mL 後得到的藍光 (紅光) 部分吸收帶吸收波峰的強度。



(圖十五) 葉綠素 a 0.5mL + 水 3.5mL



(圖十六) 金奈米 A2mL + 葉綠素 a 0.5mL + 水 1.5mL
 紅色：第一次測 藍色：隔兩分鐘後測第二次

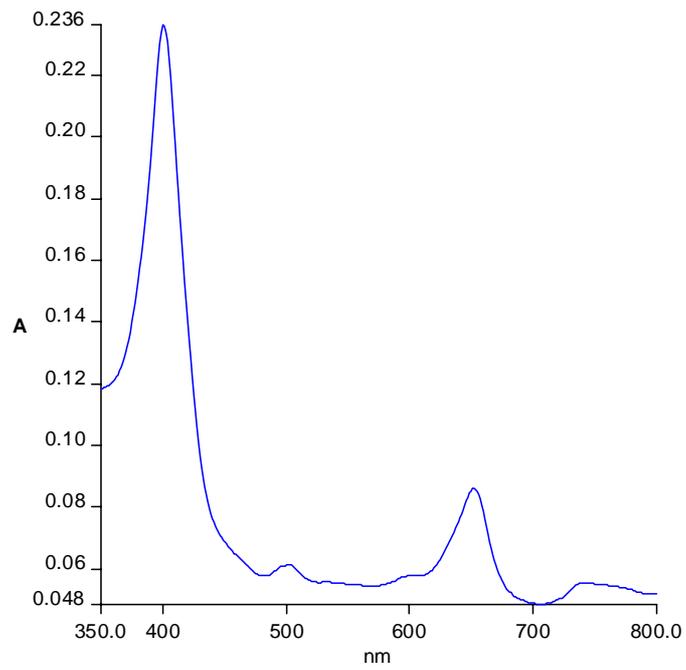


(圖十七)

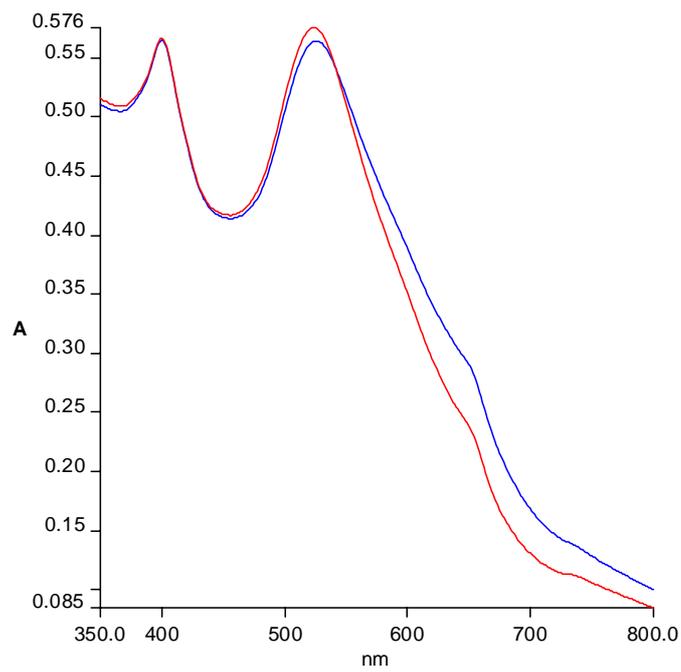
藍：圖十六第二次測的吸收光譜圖 紅：使用電腦軟體將圖五與圖十五的吸收強度相加

Bb₀ (Qb₀): 利用電腦軟體將個別金奈米 A 和葉綠素 a 的吸收強度相加後藍光 (紅光) 部分吸收帶吸收波峰的強度。

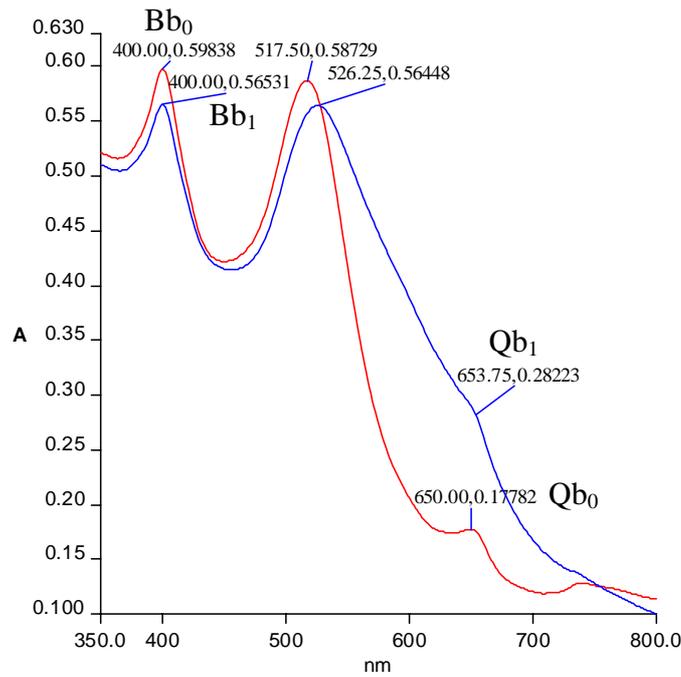
Bb₁ (Qb₁): 金奈米 A2mL+葉綠素 a 0.5mL +水 1.5mL 後得到的藍光 (紅光) 部分吸收帶吸收波峰的強度。



(圖十八) 葉綠素 a 0.4 mL+ 水 3.6mL



(圖十九) 金奈米 A2mL + 葉綠素 a 0.4mL + 水 1.6mL
 紅色：第一次測 藍色：隔兩分鐘後測第二次

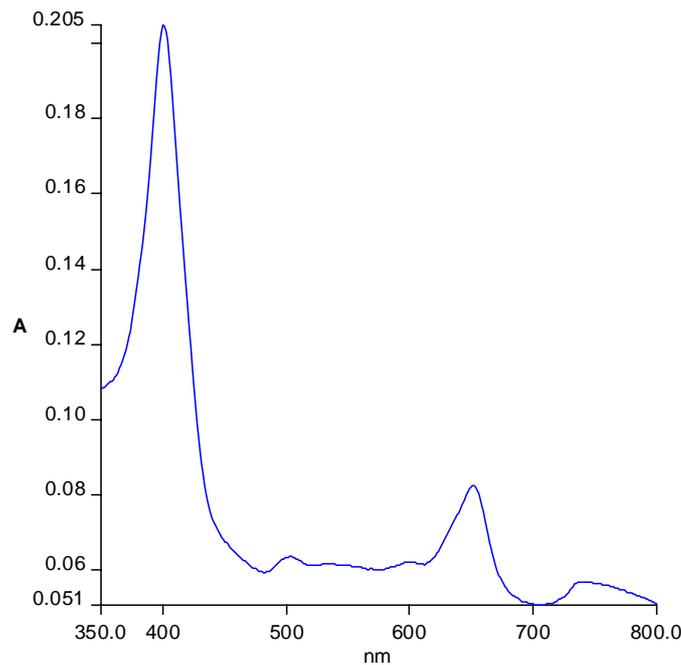


(圖二十)

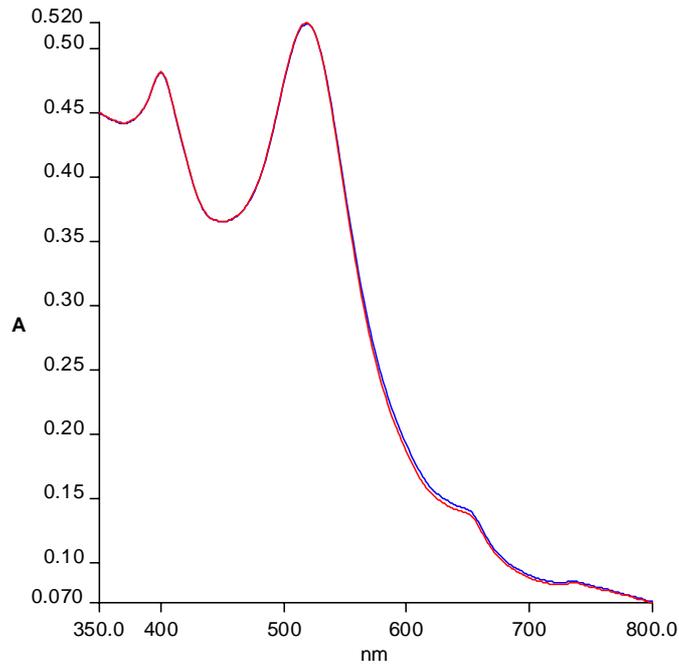
藍：圖十九第二次測的吸收光譜圖 紅：使用電腦軟體將圖五與圖十八的吸收強度相加

Bb₀ (Qb₀): 利用電腦軟體將個別金奈米 A 和葉綠素 a 的吸收強度相加後藍光 (紅光) 部分吸收帶吸收波峰的強度。

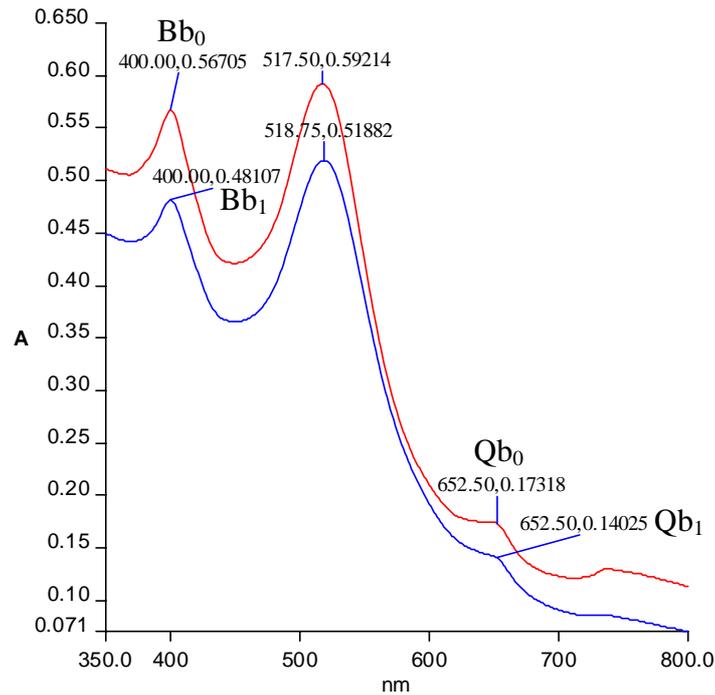
Bb₁ (Qb₁): 金奈米 A 2mL + 葉綠素 a 0.4mL + 水 1.6mL 後得到的藍光 (紅光) 部分吸收帶吸收波峰的強度。



(圖二十一) 葉綠素 a 0.3mL + 水 3.7mL



(圖二十二) 金奈米 A2 mL+ 葉綠素 a 0.3mL + 水 1.7mL
 紅色：第一次測 藍色：隔兩分鐘後測第二次

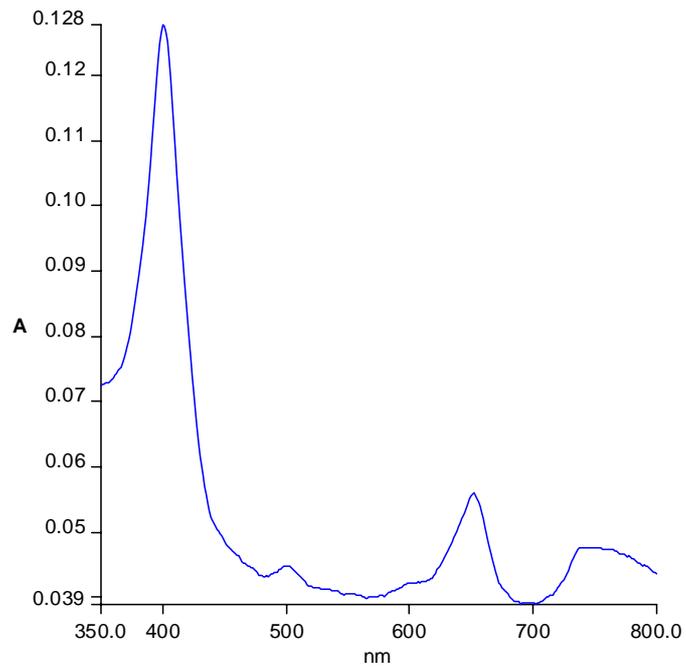


(圖二十三)

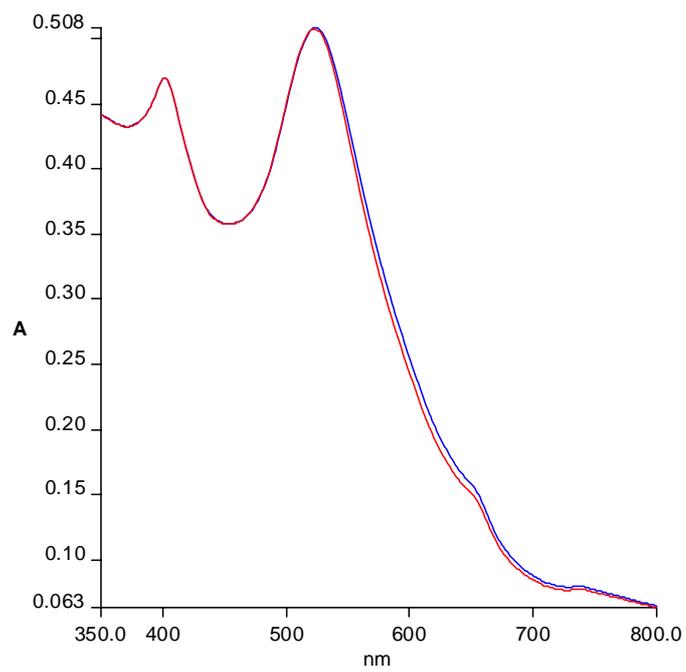
藍：圖二十二第二次測的吸收光譜圖 紅：使用電腦軟體將圖五與圖二十一之吸收強度相加

Bb₀ (Qb₀): 利用電腦軟體將個別金奈米 A 和葉綠素 a 的吸收強度相加後藍光 (紅光) 部分吸收帶之吸收波峰的強度。

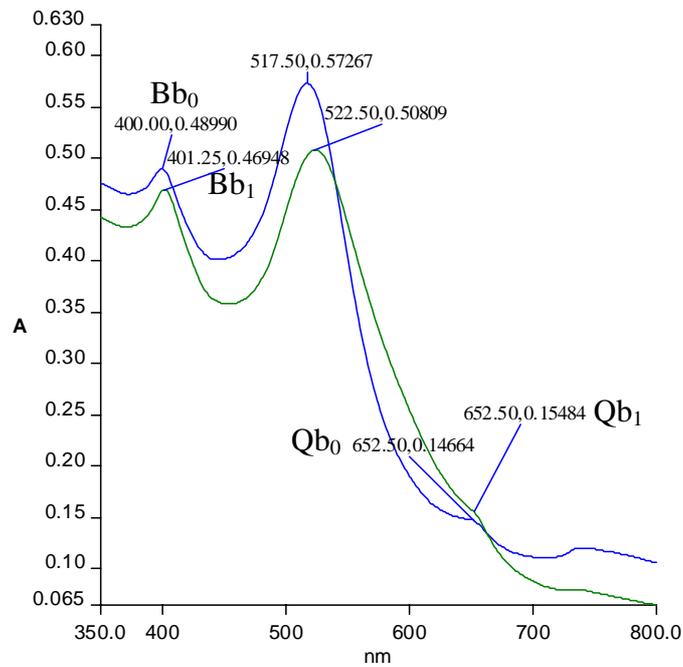
Bb₁ (Qb₁): 金奈米 A2mL+葉綠素 a 0.3mL +水 1.7mL 後得到的藍光 (紅光) 部分吸收帶的吸收波峰的強度。



(圖二十四) 葉綠素 a 0.2mL + 水 3.8mL



(圖二十五) 金奈米 A2mL + 葉綠素 a 0.2mL + 水 1.8 mL
 紅色：第一次測 藍色：隔兩分鐘後測第二次

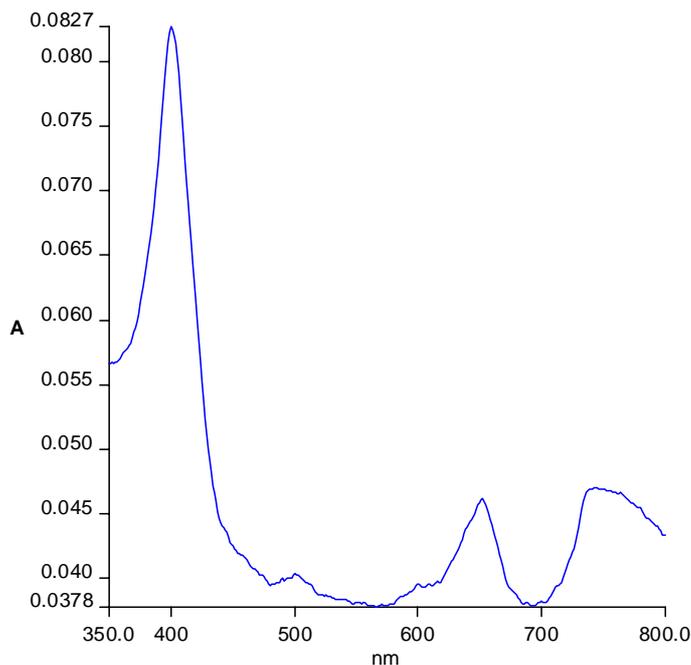


(圖二十六)

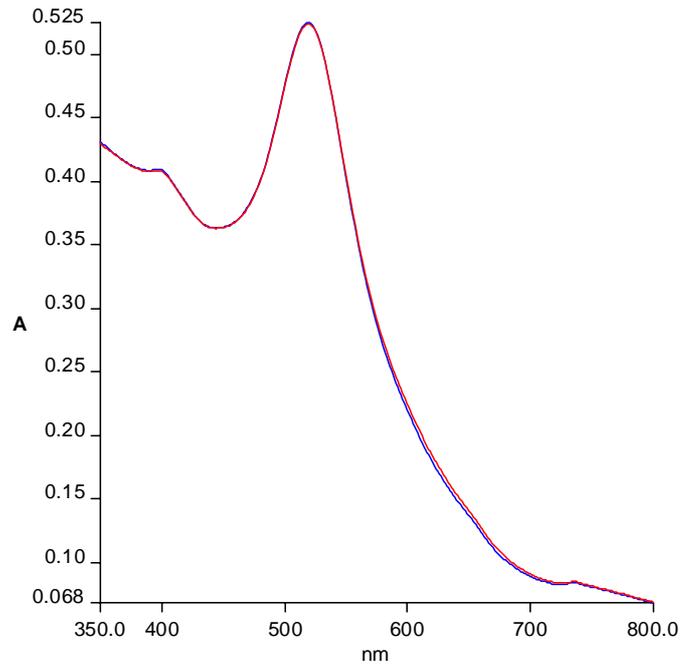
綠：圖二十五第二次測的吸收光譜圖 藍：使用電腦軟體將圖五與圖二十四的吸收強度相加

Bb₀ (Qb₀)：利用電腦軟體將個別金奈米 A 和葉綠素 b 的吸收強度相加後藍光（紅光）部分吸收帶之吸收波峰的強度。

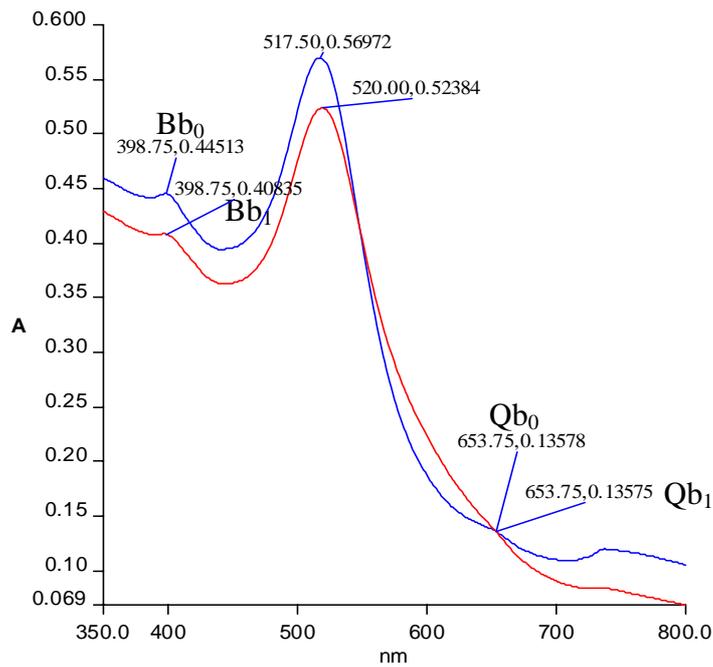
Bb₁ (Qb₁)：金奈米 A 2mL + 葉綠素 a 0.2mL + 水 1.8mL 後得到的藍光（紅光）部分吸收帶吸收波峰的強度。



(圖二十七) 葉綠素 a 0.1mL + 水 3.9mL



(圖二十八) 金奈米 A2mL + 葉綠素 a 0.1mL + 水 1.9mL
 紅色：第一次測 藍色：隔兩分鐘後測第二次



(圖二十九)

紅：圖二十八第二次測的吸收光譜圖 藍：使用電腦軟體將圖五與圖二十七的吸收強度相加

Bb₀ (Qb₀): 利用電腦軟體將個別金奈米 A 和葉綠素 b 的吸收強度相加後藍光 (紅光) 部分吸收帶之吸收波峰的強度。

Bb₁ (Qb₁): 金奈米 A2mL+葉綠素 a 0.1mL +水 1.9mL 後得到的藍光 (紅光) 部分吸收帶吸收波峰的強度。

三、處理數據：

(一)、下圖的表格是我們使用電腦軟體將金奈米與特定濃度的葉綠素 a 的吸收強度加成，與我們實際操作將兩者混合得到的吸收光譜圖(測第 2 次的)做比較，將圖中的 B_0 、 B_1 、 Q_0 、 Q_1 的強度與帶入以下算式得到的結果，整理如下表：

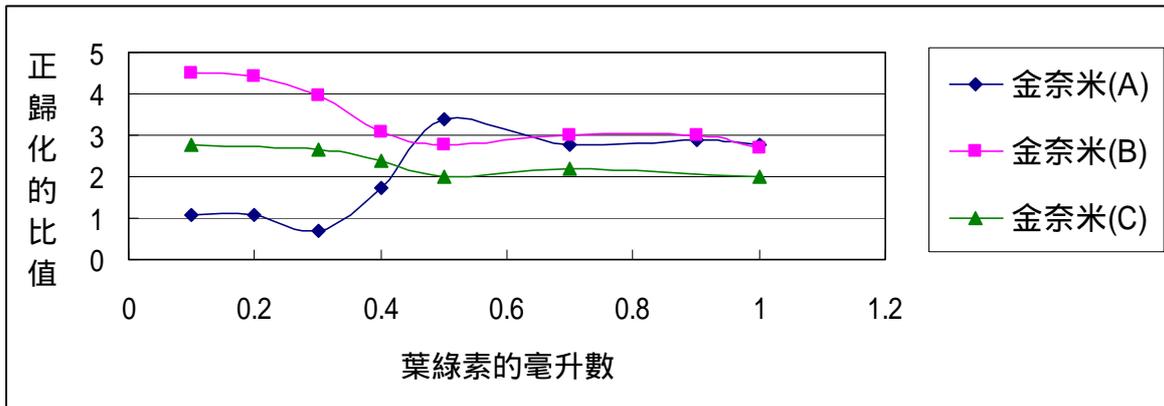
$$(Q_1/B_1)/(Q_0/B_0) = \text{正規化的比值}$$

| 金奈米代號 | | A | B | C |
|----------------|--------|----------|---------|----------|
| 葉綠素 a 1mL | B_0 | 0.91261 | 0.89955 | 0.85613 |
| | B_1 | 0.84647 | 0.86684 | 0.83460 |
| | Q_0 | 0.25221 | 0.23875 | 0.26032 |
| | Q_1 | 0.64701 | 0.61845 | 0.50754 |
| | 正規化的比值 | 2.76581 | 2.68811 | 1.99997 |
| 葉綠素 a 0.9mL | B_0 | 0.84876 | 0.83570 | |
| | B_1 | 0.80608 | 0.79386 | |
| | Q_0 | 0.22817 | 0.21431 | |
| | Q_1 | 0.62711 | 0.61342 | |
| | 正規化的比值 | 2.89396 | 3.01316 | |
| 葉綠素 a 0.7mL | B_0 | 0.76517 | 0.75210 | 0.70869 |
| | B_1 | 0.70083 | 0.69155 | 0.64195 |
| | Q_0 | 0.21419 | 0.20062 | 0.22246 |
| | Q_1 | 0.54071 | 0.55160 | 0.44026 |
| | 正規化的比值 | 2.75646 | 2.99021 | 2.1848 |
| 葉綠素 a 0.5mL | B_0 | 0.65403 | 0.64096 | 0.85613 |
| | B_1 | 0.58638 | 0.60010 | 0.83460 |
| | Q_0 | 0.18068 | 0.16705 | 0.26032 |
| | Q_1 | 0.54803 | 0.43302 | 0.50754 |
| | 正規化的比值 | 3.38308 | 2.76865 | 1.99997 |
| 葉綠素 a 0.4mL | B_0 | 0.59824 | 0.58517 | 0.54176 |
| | B_1 | 0.56520 | 0.54380 | 0.48742 |
| | Q_0 | 0.17779 | 0.16413 | 0.18678 |
| | Q_1 | 0.29100 | 0.46823 | 0.40073 |
| | 正規化的比值 | 1.73244 | 3.06983 | 2.384652 |
| 葉綠素 a 0.3mL | B_0 | 0.48099 | 0.55385 | 0.51044 |
| | B_1 | 0.56692 | 0.52376 | 0.45030 |
| | Q_0 | 0.17214 | 0.15874 | 0.17974 |
| | Q_1 | 0.13933 | 0.59306 | 0.41988 |
| | 正規化的比值 | 0.68672 | 3.9507 | 2.64803 |
| 葉綠素 a 0.2mL | B_0 | 0.48977 | 0.47671 | |
| | B_1 | 0.46954 | 0.46148 | |
| | Q_0 | 0.14579 | 0.13395 | |
| | Q_1 | 0.14959 | 0.57247 | |
| | 正規化的比值 | 1.070273 | 4.41480 | |
| 葉綠素 a 0.1mL | B_0 | 0.44515 | 0.43218 | 0.38880 |
| | B_1 | 0.40862 | 0.41780 | 0.34965 |
| | Q_0 | 0.13729 | 0.1238 | 0.14607 |
| | Q_1 | 0.13819 | 0.53882 | 0.36578 |

| | | | | |
|--|--------|---------|---------|---------|
| | 正規化的比值 | 1.08940 | 4.50069 | 2.78453 |
|--|--------|---------|---------|---------|

(表五)

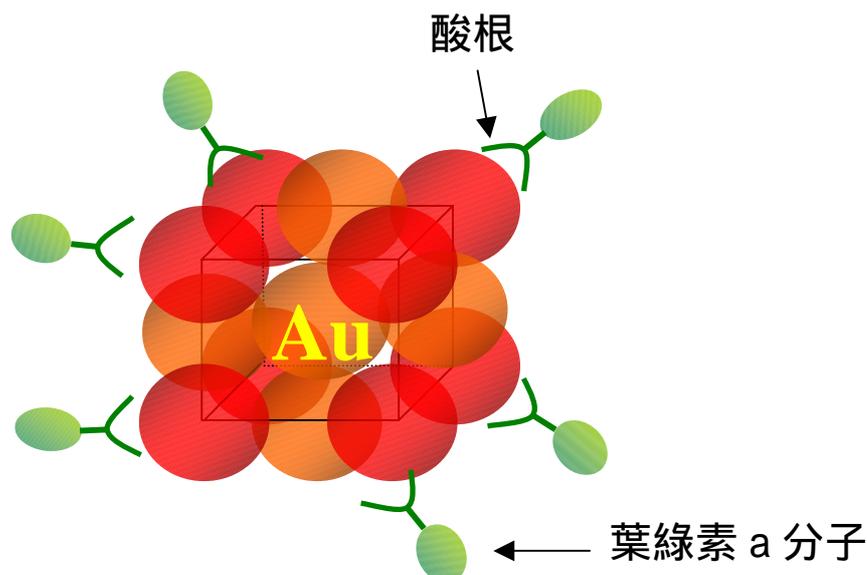
(二)、將上表中得到的正規化的數值作為 Y 軸，加入葉綠素 a 的毫升數為 X 軸，繪製的結果如下圖。



(表六)

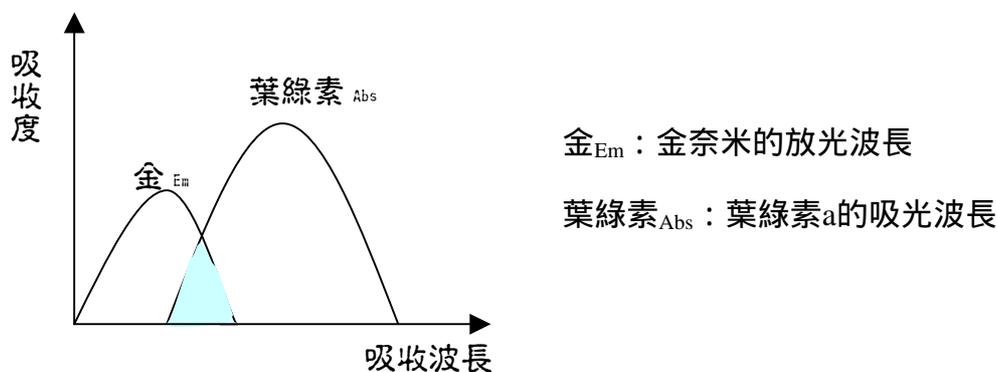
柒、討論

- 一、使用本實驗的金奈米製備方法，因為金奈米粒子較不安定，故需在金奈米的瓶子外包上一層黑色的紙，避免照光，且在一般的情況下需冷藏於4℃左右。
- 二、本實驗為了控制濃度，所以我們將配製的溶液體積固定為4毫升，固定金奈米2毫升，因此改變葉綠素a的毫升數即可改變葉綠素a在溶液中的濃度。
- 三、實驗三和實驗四中所使用的背景值皆是水，因為水在不同的試樣當中所含的比例不同，即濃度不同，扣除背景值之後，吸收強度會與實際的情況有出入；且在試樣中可能含有一些雜質，也許會對吸收強度有些許影響。但因為我們探討的是加了金奈米後的葉綠素與未加金奈米的葉綠素a的比較，故不會影響我們實驗所要探討的目標。另外葉綠素溶於甲醇-氫氧化鉀溶液，但甲醇及氫氧化鉀的吸收波長範圍均不在350nm及800nm之間，所以並不會影響實驗結果。
- 四、金奈米粒子由於是金屬，故比較傾向於失去電子，在溶液中的金奈米粒子的外層是尚未完全還原的金一價離子，會吸引溶液中的檸檬酸根、氯離子與帶負電的離子，使得整個奈米微粒是帶負電荷。葉綠素 a 分子結構上的酸根，因為氧原子的電負度強，容易吸引電子，在溶液中會取代金奈米粒子上的負離子，所以金奈米粒子和葉綠素 a 分子之間及產生的一種鍵結作用力。示意圖如下所示：



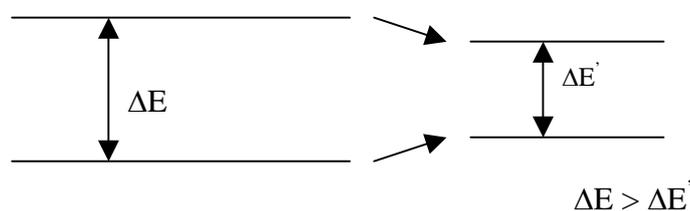
(圖三十) 金奈米粒子和葉綠素a之間作用力的示意圖。

五、為了了解金奈米將能量傳遞給葉綠素a的原因，我們使用金奈米吸收波峰處波長約517nm的激發光，觀察金奈米放光的位置，結果發現金奈米的放光落在約630nm的位置，與葉綠素a的紅光部分吸收帶範圍重疊，所以金奈米釋出的電子會被葉綠素a所吸收，即可增加葉綠素a的儲存能量。示意圖如下所示：



(圖三十一) 金奈米的放光波長和葉綠素a紅光部分吸收帶有一部份重疊的示意圖。

六、因為當葉綠素 a 的劑量大於 0.5 毫升的時候，金奈米與葉綠素 a 作用後的吸收波峰不明顯，但我們從圖二十、圖二十三、圖二十六、圖二十九中，可發現金奈米粒子的吸收波峰向波長較長的方向發生偏移，可見金奈米粒子的電子組態發生改變，所以我們可推斷金奈米和葉綠素 a 兩者之間確實有產生鍵結作用力。當金奈米粒子與葉綠素 a 分子作用時，由於兩物質可能發生干擾的效果，故使金奈米粒子能階中的電子吸引力增強，能階互相靠近，能量差即變小，故觀察到金奈米的吸收波峰發生紅移的效果。金奈米的能階示意圖如下所示：

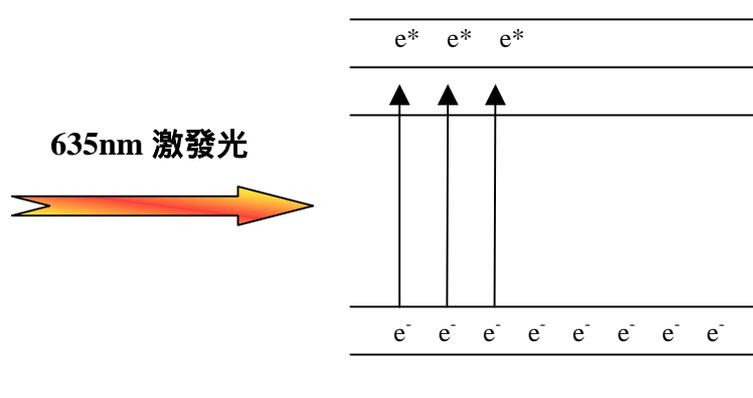


ΔE ：未和葉綠素 a 混合的金奈米能階示意圖。

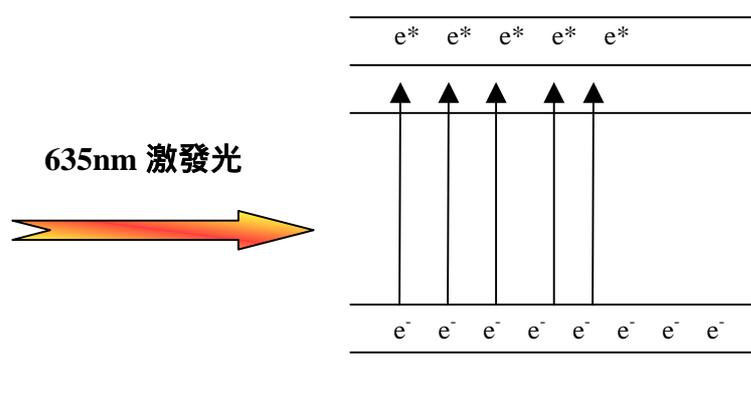
$\Delta E'$ ：和葉綠素 a 混合的金奈米能階示意圖。

(圖三十二) 和葉綠素 a 混合前後的金奈米能階示意圖

七、我們將金奈米和葉綠素a的溶液，混合後計時三十秒及放入偵測槽中每隔兩分鐘測一次吸收光譜的變化，測兩次。隨著時間的變化，葉綠素a紅光部分的吸收帶有增強的趨勢，表示在葉綠素a能階中的電子被激發的數目增多(示意圖參考圖三十三)，而金奈米吸收波峰的吸收強度則是減弱。表示金奈米吸收約517nm的光之後，所放出約635nm的光被葉綠素a吸收，金奈米的電子會轉移至葉綠素a，兩者之間發生了能量的轉移，可提高葉綠素a的能量，使葉綠素a更有效率地用光能，更容易激發電子以進行電子傳遞鏈，增加植物光合作用中光反應的效率。



(未加金奈米的葉綠素 a 電子能階示意圖)



(加金奈米後的葉綠素 a 電子能階示意圖)

(圖三十三) 加了金奈米前後的葉綠素a電子能階示意圖。

八、實驗三中我們分別將代號A、B、C金奈米各分別與不同比例的葉綠素a作用，實驗的配製如(表二、表三、表四)所示。我們將實際混合金奈米和葉綠素a溶液與使用電腦軟體將個別金奈米和葉綠素a的吸收強度和作比較，電腦的合成圖中，葉綠素a的藍光部分吸收帶的吸收強度標示為 B_0 ，紅光部分吸收帶的吸收強度標示為 Q_0 ，而實際混合溶液所得到的光譜圖，葉綠素a的藍光部分吸收帶的吸收強度標示為 B_1 ，紅光部分吸收帶的吸收強度標示為 Q_1 。將得到的結果整理後繪成圖表(表六)，因為金奈米的放光位置約在630nm，所以對葉綠素a藍光部分吸收帶不會有影響，因此我們使用正規化的方法算出的比值。結果發現，代號A的金奈米當葉綠素a的加入的毫升數小於0.3毫升和大於0.5毫升時，得到正規化的比值為定值，而在0.3毫升至0.5毫升之間，正規化得到的數值則是一條遞增的曲線。這樣的結果表示，當溶液中的葉綠素a的量達到飽和或金奈米達過量的時候，正規化的數值不改變。所以我們可推知，當加入葉綠素a的量約0.3毫升時，金奈米和葉綠素a之間能量轉移的效率為極小值；而當加入的加入葉綠素a約0.5毫升時，兩者之間的能量轉移的速率達到一個極大值。

九、比較特別的是，代號B和C的金奈米和葉綠素a之間能量轉移的效率，卻和代號A金奈米出現相反的趨勢，正規化的比值在葉綠素a小於0.3毫升與大於0.5毫升的範圍，同樣是維持定值，但在0.3毫升至0.5毫升之間，則是呈現一條遞減的曲線。對於這樣的現象目前尚無法解釋，初步推測可能與金奈米的粒徑大小有關，當金奈米的粒徑大小不同時，和葉綠素a之間可能會以不同的機制反應。未來我們將會在這方面繼續研究，以更深一步探討金奈米顆粒大小和葉綠素a之間能量轉移的關係。

捌、結論

因為金奈米粒子表面積大，吸附力特強，與葉綠素a中的酸根比較(參考圖二)，因為金粒子較易釋出電子，容易帶正電，而酸根中的氧原子，電負度大，易吸引電子，因此兩者在溶液中會互相吸引。本實驗在探討，當金奈米粒子和植物中擁有酸根的葉綠素a產生鍵結作用力時，能量轉移的結果是否可能幫助葉綠素a擁有較大的能量以進行電子傳遞鏈。因為葉綠素主要是利用光能，並將光能轉換成其他能量的形式，所以我們比照有無加金奈米的葉綠素a吸收光譜圖，觀察吸收強度和吸收波長範圍的改變。結果發現金奈米的吸收波峰有發生偏移，故可知兩者之間確實產生了鍵結作用力。且加了金奈米的葉綠素a溶液與個別金奈米、葉綠素a的吸收強度和比較，葉綠素a紅光部分吸收帶的吸收強度明顯增強，而金奈米吸收波峰的強度明顯減弱，並且我們發現金奈米的放光波長與葉綠素a紅光部分的吸收帶有重疊的部分(參考圖三十一)，故我們可以得知金奈米的電子會轉移至葉綠素a，即是能量轉移。為了了解能量轉移的效率與濃度之間的關係，從(表六)中我們可以得知，當溶液中的葉綠素a的量達到飽和或金奈米過量的時候，正規化的數值為定值，而在介於某個範圍之內，正規化的比值和葉綠素a濃度的關係則是一條遞增的曲線。因此我們可推知，當加入葉綠素a的量約0.3毫升時，金奈米和葉綠素a之間能量轉移的效率為極小值；而當加入的葉綠素a約0.5毫升時，兩者之間的能量轉移的速率達到一個極大值。

玖、參考資料及其它

- 一、王月雲 陳是瑩 童武夫 植物生理學實驗 增訂本 修訂版二刷 藝軒圖書出版社 P.88~92 西元 2000 年 10 月
- 二、田禾、陳孔常 從綠葉到激光光盤 初版 牛頓出版股份有限公司 P.49~53 西元 2001 年 3 月 31 日
- 三、楊吉水 中華民國 91 年 12 月 電子予體和電子受體間的光化學與相關之螢光感應分子的訊號傳遞原理 化學 第 60 卷第四期 P.611~617
- 四、鄭湧涇 光合作用淺說 初版 幼獅文化事業公司 P.58~69 中華民國 68 年 11 月
- 五、Duncan J Shaw 膠體及界面化學入門 二版 高立圖書有限公司 P.12~13 中華民國 90 年 1 月 10 日
- 六、Luis M. Liz-Marzán 西元 2004 年 2 月 Nanometals : formation and color Materials Today P.28
- 七、Neil A. Campbell 生物學(上冊) 三版 台灣培生教育出版股份有限公司 P.182~201 西元 2002 年 5 月

評語

040206 高中組化學科

「金」枝玉「葉」--金奈米與葉綠素的交互作用

若能在學術上及應用上再多加一點說明將會更好。