

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

040710

探討 GA<sub>3</sub> 及 IAA 對植物生長的影響

學校名稱： 國立板橋高級中學

作者： 高二 郭冠廷 高二 楊牧桓	指導老師： 王郁茜
-------------------------	--------------

關鍵詞：吲哚乙酸(Indoly-3-Acetic Acid, IAA)、  
吉貝素(Gibberellic Acid, GA<sub>3</sub>)

## 壹、摘要

本實驗得到以下的結論：

### 一、植物激素 $GA_3$ 對單子葉、雙子葉種子萌發的影響及 $GA_3$ 對雙子葉種子內澱粉水解酶活性的影響：

- (一) $GA_3$  幾乎均可促進單子葉種子萌發，但雙子葉種子卻視種子種類而異。
- (二)不同濃度之  $GA_3$  造成雙子葉種子發芽率不同，應與  $GA_3$  所誘發產生之澱粉水解酶活性有關。

### 二、植物的向光性與植物激素 IAA 的關係：

- (一)向光性實驗時最佳處理方式為先切後注、照光及激素 IAA 均同時處理 4 小時。
- (二)外加適當濃度之 IAA 會促進單子葉植物玉米芽鞘之向光性。
- (三)外加適當濃度之 IAA 會促進雙子葉植物茼蒿、豌豆、綠豆之向光性；且找尋出方式來推測最適合向光性之外加 IAA 濃度應介於何範圍。

### 三、植物激素 IAA 及 $GA_3$ 對於單性結果的影響：

- (一)與負對照組相比，IAA 及  $GA_3$  均能夠促進小黃瓜及茄子的單性結果。
- (二)促進小黃瓜與茄子果實體積發育之 IAA 及  $GA_3$  最佳濃度，均對生長後期體積發育之影響較為顯著。
- (三)IAA 及  $GA_3$  促進小黃瓜單性結果果實發育機制應為促進果實水分之增加，而非果肉之發育。
- (四)  $GA_3$  促進茄子單性結果果實發育機制應為果肉及水分同步增加，無特別偏重任一方。

## 貳、研究動機

### 一、植物激素 $GA_3$ 對單子葉、雙子葉種子萌發的影響及 $GA_3$ 對雙子葉種子內澱粉水解酶活性的影響：

高二生命科學並未說明  $GA_3$  是否能促進雙子葉種子萌發，因此希望經由實驗來觀察不同濃度之  $GA_3$  是否有促進雙子葉種子萌發之效果。並利用澱粉薄層技術，觀察不同濃度之  $GA_3$  對雙子葉種子澱粉水解酶活性的影響。

### 二、植物的向光性與植物激素 IAA 的關係：

由高三生物探討活動八無法得知，單面照光是否會引起雙子葉植物幼莖頂端向光面與背光面之生長素分布不均，而造成雙子葉植物之向光性。因此，引發了我們想了解向光性與雙子葉植物幼莖頂端間的關係。

### 三、植物激素 IAA 及 $GA_3$ 對於單性結果的影響：

高二生命科學中提到生長素可促進單性結果，但吉貝素有否促進單性結果功能，則莫衷一是（曾有資料提及吉貝素對葡萄、胡瓜有促進單性結果之功能），故引發了進行本研究之動機。因此本實驗利用小黃瓜（葫蘆科）、茄子（茄科）作為實驗材料，比較不同濃度之吉貝素、與生長素對單性結果之影響。

## 參、研究目的

- 一、探討植物激素  $GA_3$  對單子葉、雙子葉種子萌發及  $GA_3$  對雙子葉種子內澱粉水解酶活性的影響。
- 二、探討植物激素 IAA 與植物向光性的關係。
- 三、探討植物激素 IAA 與  $GA_3$  對於單性結果的影響。

## 肆、研究設備及器材

### 一、植物激素 $GA_3$ 對單子葉、雙子葉種子萌發的影響及 $GA_3$ 對雙子葉種子內澱粉水解酶活性的影響：

#### (一) 種子：

1. 單子葉：北蔥、韭菜、玉米種子
2. 雙子葉：甕菜、九層塔、芹菜、綠豆、向日葵種子

#### (二) $GA_3$ 水溶液：濃度為 $10^{-8}M \sim 10^{-3}M$

【註：由文獻得知  $GA_3$  對大多數生物檢定法的材料均有很高的活性，故本實驗乃採用  $GA_3$  作為探討之吉貝素。】

#### (三) 藥品：Na-Acetate、澱粉、洋菜粉、 $I_2$ 、KI、0.1N HCl

### 二、植物的向光性與植物激素 IAA 的關係：

#### (一) IAA 水溶液：濃度為 $10^{-8}M \sim 10^{-4}M$

#### (二) 種子：1. 單子葉：玉米種子 2. 雙子葉：茼蒿、豌豆、向日葵、綠豆種子

#### (三) 藍色玻璃紙、燈管、量角器、。

### 三、植物激素 IAA 及 $GA_3$ 對於單性結果的影響：

#### (一) IAA 水溶液：[IAA] 10、100、1000、3000ppm

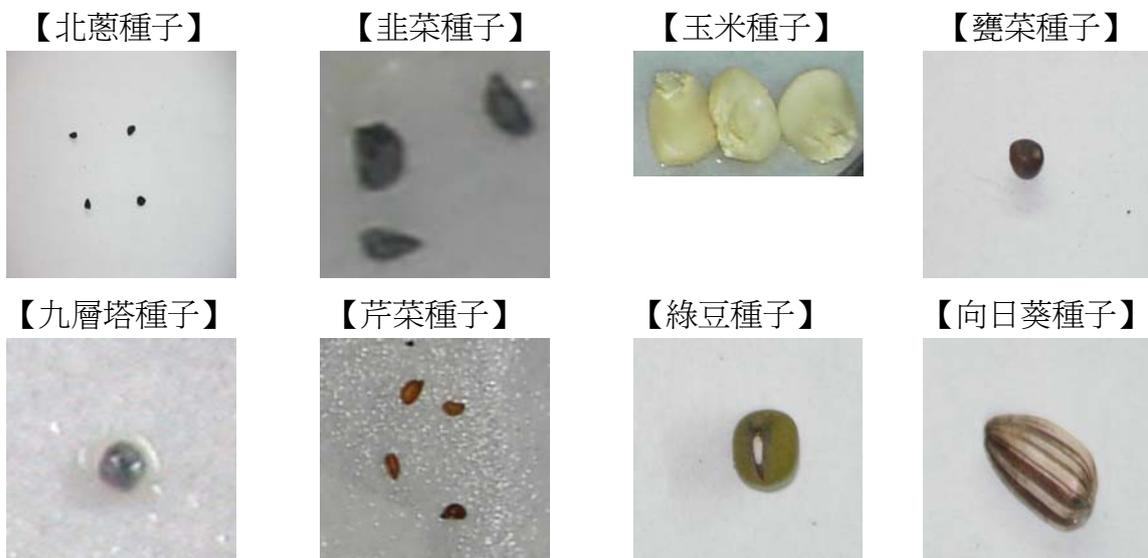
#### (二) $GA_3$ 水溶液：[ $GA_3$ ] 10、50、100、1000ppm

#### (三) 種苗：小黃瓜、茄子苗：各 3 株。

## 伍、研究過程或方法

### 一、植物激素 $GA_3$ 對單子葉、雙子葉種子萌發的影響及 $GA_3$ 對雙子葉種子內澱粉水解酶活性的影響：

#### (一) 計算單子葉及雙子葉種子不同濃度之 $GA_3$ 處理下之發芽率：



1. 每種種子取4個培養皿，每個培養皿分別處理如下：  
5ml的水（對照組）、 $GA_3 10^{-8}M$ 、 $GA_3 10^{-6}M$ 、 $GA_3 10^{-4}M$   
為避免光照影響發芽率，故步驟1在暗室中以安全光綠光照射進行之。
2. 待每種種子的發芽期滿，計算每個培養皿之發芽率

(二) 觀察不同濃度之  $GA_3$  對雙子葉種子澱粉水解酶活性的影響：  
由於需切割種子，故取種子較大之甕菜、綠豆、向日葵實驗之。

### 【器材準備】

1. 製備澱粉膠層。
2. 配置碘液。

### 【實驗操作過程】

1. 種子算完發芽率後，去除胚，只留下子葉部分。
2. 以銳利的刀片將之由中心縱剖。
3. 小心的用鑷子把被切割後的半粒種子放到澱粉膠上，使種子剖面與膠面接觸良好，但須保持澱粉膠層表面之完整。
4. 計時 10mins，倒入 10ml 碘液掩蓋澱粉膠層，立即以鑷子取出種子，再搖勻碘液。
5. 搖勻後馬上將碘液倒掉。
6. 照相紀錄不同萌芽時期的種子所造成的透明帶位置（如下圖），並以 photoshop 軟體分析透明帶之色階分佈，若透明帶越透明，則色階分佈亮度會越亮，數值會越大→此即代表種子內澱粉水解酶活性越大。



【澱粉洋菜膠層之照片】

## 二、植物的向光性與植物激素 IAA 的關係：

(一) 各向光性實驗之操作步驟：

**【實驗 A】** 在 IAA 濃度= $10^{-7}M$  下，不同的施加激素方式對玉米芽鞘向光性之影響（不切生長點）。

1. 對照組：自然生長，不施加 IAA。

（註：經過前測，發現芽鞘頂端不論有無經切割造成之傷口，或不論有無加生理食鹽水，對幼莖頂端彎曲度均無甚差異）

2. 實驗組：

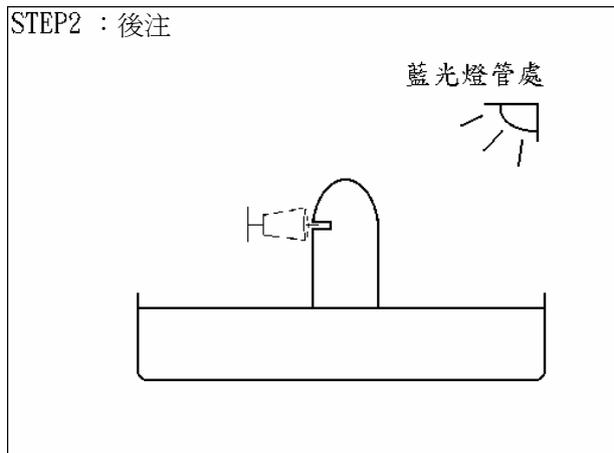
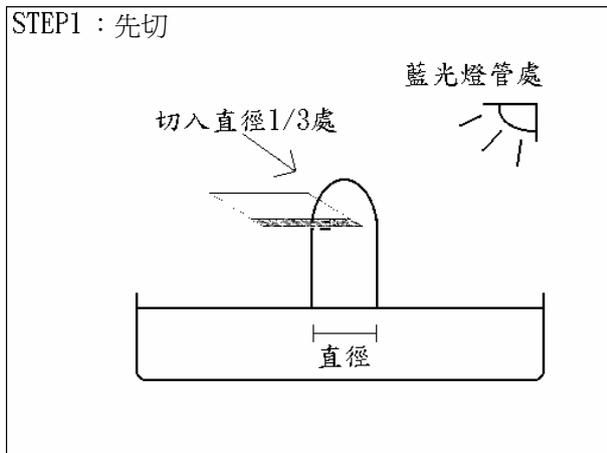
(1) 塗抹：以棉花棒沾取 1c.c. IAA 塗抹於植株背光側。

(2) 先切後注：以解剖刀從芽鞘頂端下起 0.5cm 處切入背光側芽鞘 1/3 處，然後以注射針

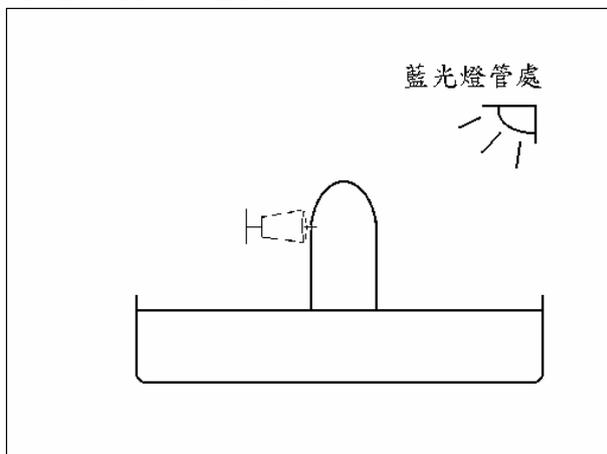
由此切傷處緩緩注入 1c.c.IAA 溶液。(如下圖)

(3) 不切直接注：直接以注射針從芽鞘頂端下起 0.5cm 處背光側注射 1c.c.IAA 溶液。(如下圖)

### 【先切後注示意圖】



### 【不切直接注示意圖】



### 【不切直接注實際操作照片】



**【實驗 B】** 在 $[IAA]=10^{-7}M$  下，激素停留於生長點時間長短對玉米芽鞘彎曲角度的影響 (不切生長點)。

1. 對照組：同上。

2. 實驗組：

(1) 開始照光後二小時施加激素：總照光時間 4hr，激素作用時間 2hr。

(2) 開始照光同時施加激素：總照光時間 4hr，激素作用時間 4hr。

**【實驗 C】** 測量不同 $[IAA]$ 對玉米芽鞘向光性之影響(不切生長點)。

1. 對照組：同上。

2. 實驗組：先切後注 $[IAA]=10^{-8}M$ 、 $10^{-7}M$ 、 $10^{-6}M$

**【實驗 D】** 測量不同 $[IAA]$ 對雙子葉植物--芫荽幼莖頂端向光性之影響(不切生長點)。

1. 對照組：同上。

2. 實驗組：不切除生長點，先切後注 $[IAA]=10^{-8}M$ 、 $10^{-7}M$ 、 $10^{-6}M$ 。

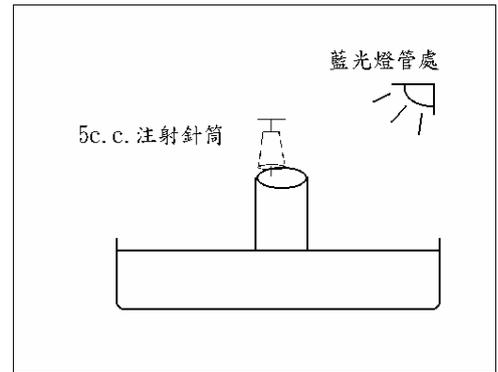
**【實驗 E】** 在切除生長點的情況下，測量不同 $[IAA]$ 對雙子葉植物—豌豆、綠豆、向日葵幼莖頂端向光性之影響，並尋找可促進向光性之外加 $[IAA]$ 範圍。

1. 求出不同 $[IAA]$ 對豌豆幼莖頂端彎曲度之標準曲線。

(1) 對照組：切除生長點，不施加 IAA。

(2)實驗組：切除生長點，直接注射[IAA]=  $10^{-8}M$ 、 $10^{-7}M$ 、 $10^{-6}M$ 、 $10^{-5}M$ 、 $10^{-4}M$ 。

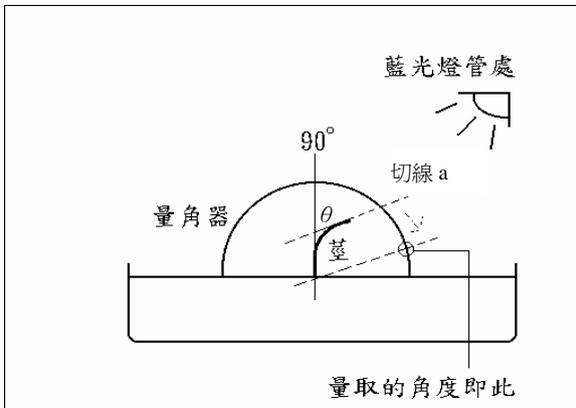
2.不切生長點，先切後注[IAA]= $0M$  及  $10^{-7}M$ ，  
進而推測若在不切除生長的的情況下，外加 [IAA] 應  
介在何範圍才對雙子葉植物幼莖頂端有促進彎曲之效果。



(三) 實驗 A~E 各實驗彎曲角度測量方式：

- 1.將量角器的中心點對準植株的底端。
- 2.從莖頂處作一條切線 a，設切線 a 與 90 度垂直線間夾角為  $\theta$  (如下圖)  
 $\theta_1$  = 外加激素實驗前之角度； $\theta_2$  = 外加激素實驗後之角度。  
則實驗之彎曲角度為  $\theta_2 - \theta_1$ ；「+」代表處理後向光源彎曲，「-」代表處理後背光源彎曲。

【彎曲角度測量方式示意圖】



【彎曲角度測量方式實際操作照片】



### 三、植物激素 IAA 及 $GA_3$ 對於單性結果的影響：

(一)果實的處理：

1.小黃瓜

(1) 花苞形成初期，用小型拉鍊袋將雌花包起以防授粉，並於雌蕊上分別噴灑不同濃度之 IAA 或  $GA_3$  各 1c.c.，每種濃度每盆各噴一朵，所得果實相關數據為 3 朵加以平均。激素濃度列舉如下：IAA：10、100、1000、3000ppm； $GA_3$ ：10、50、100、1000ppm



小黃瓜雌花近照



小黃瓜雄花近照  
(可注意基部無果實存在)



套拉鍊袋

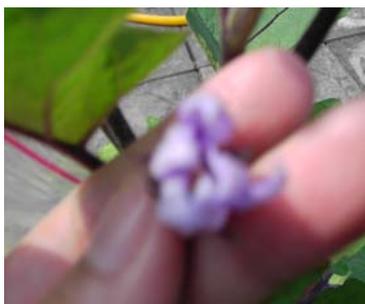


小黃瓜單性結果照片

- (2) 另外，亦各選 2 朵雌花作為正負對照組（均用拉鍊袋包起）：  
正對照組(positive control)→未噴任何激素，於自然情況下正常雜交之雌花。  
負對照組(negative control)→未噴任何激素，亦不使其授粉之雌花。

## 2. 茄子

- (1) 花苞形成初期，用小鑷子移除花藥，並用小型拉鍊袋包起以防授粉，再於雌蕊上分別噴不同濃度之  $GA_3$ ，每種濃度各噴 2 朵，所得果實相關數據為 2 朵加以平均。  
(2)  $GA_3$  噴灑濃度同小黃瓜之  $GA_3$  濃度(10、50、100、1000ppm)。  
(3) 各選移除花藥之花苞作為正負對照組，其定義同小黃瓜。



移除花藥之茄子花近照



茄子花套拉鍊袋近照



單性結果之茄子  
(可注意其內部並無種子)

## (二) 果實體積及溼重、乾重、水分百分比、及促進單性結果果實生長表示法之測量：

果實發育時間，皆由雌蕊始噴激素至收成算足兩週來計算。

1. 體積測量：採圓柱體方式計算，每週觀察二次

2. 溼重測量：兩週後將果實拔除，並剖開觀察種子的存在與否。

若證實單性結果之種子均不存在，則秤取小黃瓜及茄子之溼重。

3. 乾重測量：將果實放至烘箱內， $72^{\circ}C$ ，28 小時後再取出測量。乾重代表果實去除水分後所含之有機物及無機物之重量。

4. 水分百分比 =  $[(\text{溼重重量} - \text{乾重重量}) / \text{溼重重量}] \times 100\%$

5. 果肉百分比 =  $1 - \text{水分百分比}$ 。

6. 促進單性結果果實生長表示法：

以單性結果果實溼重 - 負對照組果實溼重之重量差值來表示。

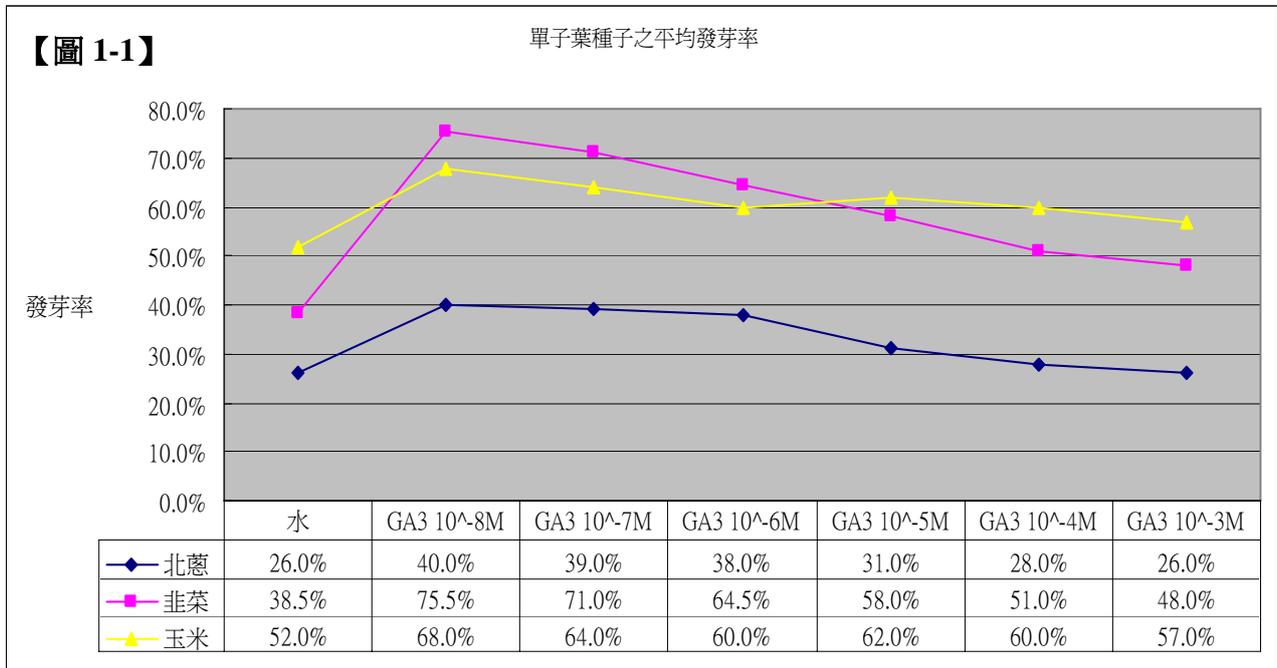
## 四、統計分析：

1. t 檢定 2. Anova：單因子變異數分析。

## 陸、研究結果

### 一、植物激素 $GA_3$ 對單子葉、雙子葉種子萌發的影響及 $GA_3$ 對雙子葉種子內澱粉水解酶活性的影響：

#### (一) 不同濃度之 $GA_3$ 對單子葉種子發芽率之影響



由上圖可知：

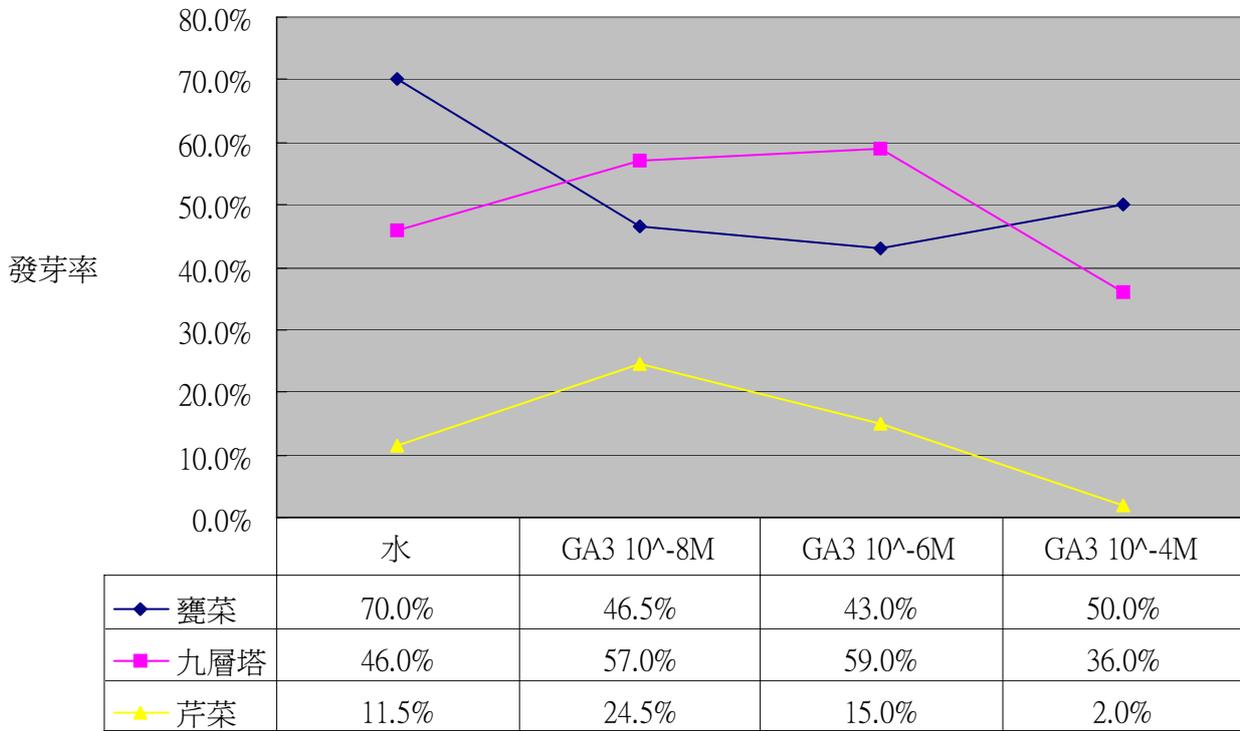
1. 與對照組相比，可知  $GA_3$  幾乎均可促進單子葉種子之萌發（P 值均小於 0.05）；而最佳濃度皆為  $GA_3 10^{-8}M$ 。
2. 故可推論  $GA_3$  會促進單子葉種子的萌發，與高二生命科學論述結果相符。

因本次  $GA_3$  一系列完整濃度幾乎均有促進單子葉萌發之效果，應可確立實驗條件之可信度，故之後實驗將僅採  $GA_3 10^{-8}M$ 、 $GA_3 10^{-6}M$ 、 $GA_3 10^{-4}M$  來進行。

(二) 不同濃度之 GA<sub>3</sub>對雙子葉種子—甕菜、九層塔、芹菜發芽率之影響

雙子葉種子平均之發芽率

【圖 1-2】



不同濃度之 GA<sub>3</sub>對雙子葉種子發芽率影響依序為：

甕菜：水 > GA<sub>3</sub>10<sup>-4</sup>M > GA<sub>3</sub>10<sup>-8</sup>M > GA<sub>3</sub>10<sup>-6</sup>M

九層塔：GA<sub>3</sub>10<sup>-6</sup>M > GA<sub>3</sub>10<sup>-8</sup>M > 水 > GA<sub>3</sub>10<sup>-4</sup>M (比較 GA<sub>3</sub>10<sup>-6</sup>M 與水萌發率 → P < 0.05)

芹菜：GA<sub>3</sub>10<sup>-8</sup>M > GA<sub>3</sub>10<sup>-6</sup>M > 水 > GA<sub>3</sub>10<sup>-4</sup>M (比較 GA<sub>3</sub>10<sup>-8</sup>M 與水萌發率 → P < 0.05)

由本實驗結果可知：

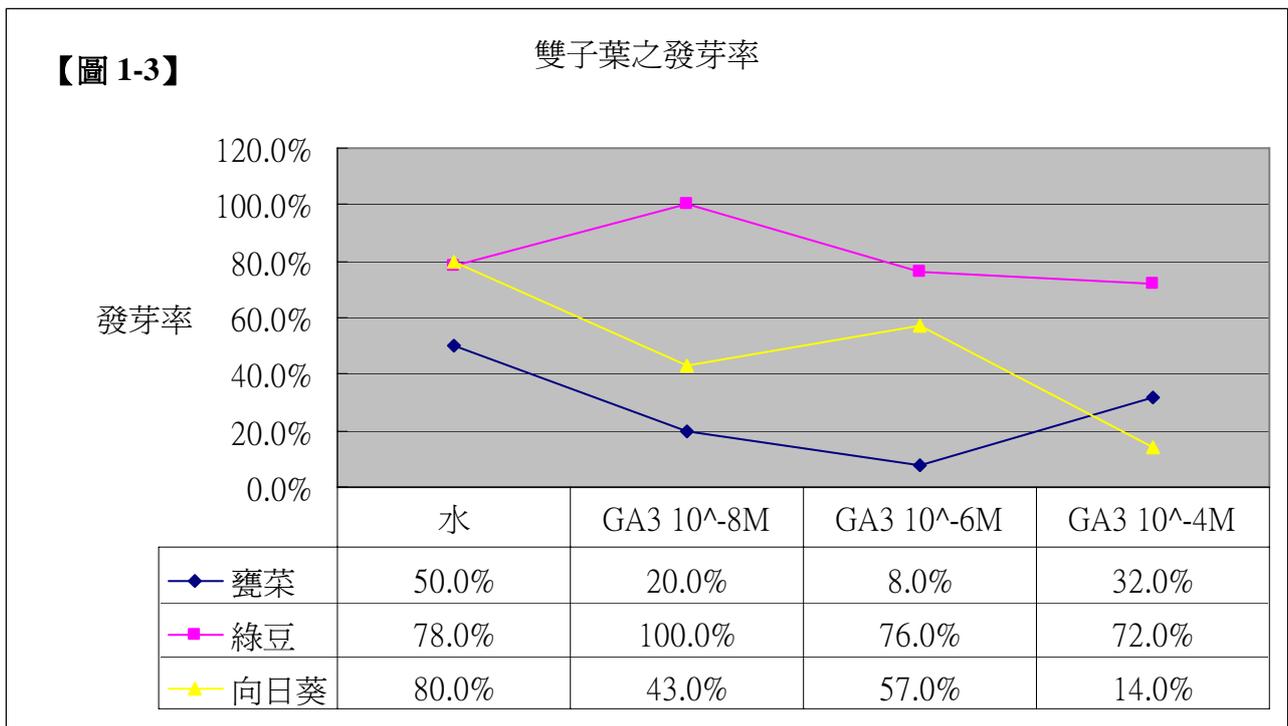
1. 甕菜種子：與水相較，不同 GA<sub>3</sub>濃度對其均有抑制萌發之效果。

2. 九層塔、芹菜種子：GA<sub>3</sub>10<sup>-6</sup>M、GA<sub>3</sub>10<sup>-8</sup>分別對萌發有最佳促進效果(P < 0.05)，但GA<sub>3</sub>10<sup>-4</sup>M則對其有抑制萌發之效果。

由於不同濃度之 GA<sub>3</sub>幾乎均可促進單子葉種子萌發，但對雙子葉種子卻視種子而異。是否是因不同濃度之 GA<sub>3</sub>對雙子葉種子內澱粉水解酶活性影響不同所導致？因此我們利用澱粉薄層技術測量雙子葉種子內澱粉水解酶活性。又因為澱粉薄層實驗需切割種子，九層塔與芹菜因種子太小不易切割，故改採較大之雙子葉種子—甕菜、綠豆、向日葵來測試。

(三) 不同濃度之 GA<sub>3</sub> 對雙子葉種子—甕菜、綠豆、向日葵發芽率與種子內澱粉水解酶活性之影響

1. 不同濃度之 GA<sub>3</sub> 對雙子葉種子—甕菜、綠豆、向日葵發芽率的影響



不同濃度之 GA<sub>3</sub> 對雙子葉種子發芽率影響依序為：

甕菜：水 > GA<sub>3</sub>10<sup>-4</sup>M > GA<sub>3</sub>10<sup>-8</sup>M > GA<sub>3</sub>10<sup>-6</sup>M

綠豆：GA<sub>3</sub>10<sup>-8</sup>M > 水 > GA<sub>3</sub>10<sup>-6</sup>M > GA<sub>3</sub>10<sup>-4</sup>M (比較 GA<sub>3</sub>10<sup>-8</sup>M 與水萌發率 → P < 0.05)

向日葵：水 > GA<sub>3</sub>10<sup>-6</sup>M > GA<sub>3</sub>10<sup>-8</sup>M > GA<sub>3</sub>10<sup>-4</sup>M

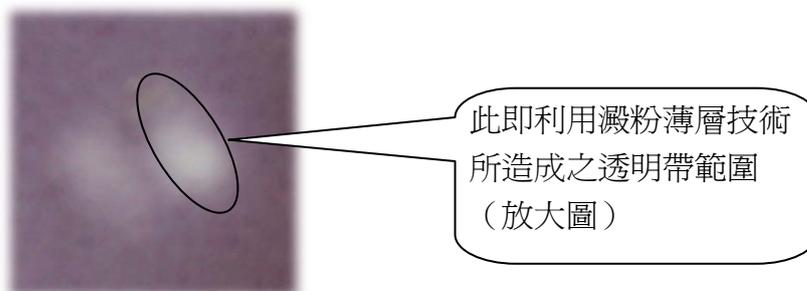
由本實驗結果可知：

1. 甕菜及向日葵種子：與水相較，不同 GA<sub>3</sub> 濃度對其均有抑制萌發之效果。

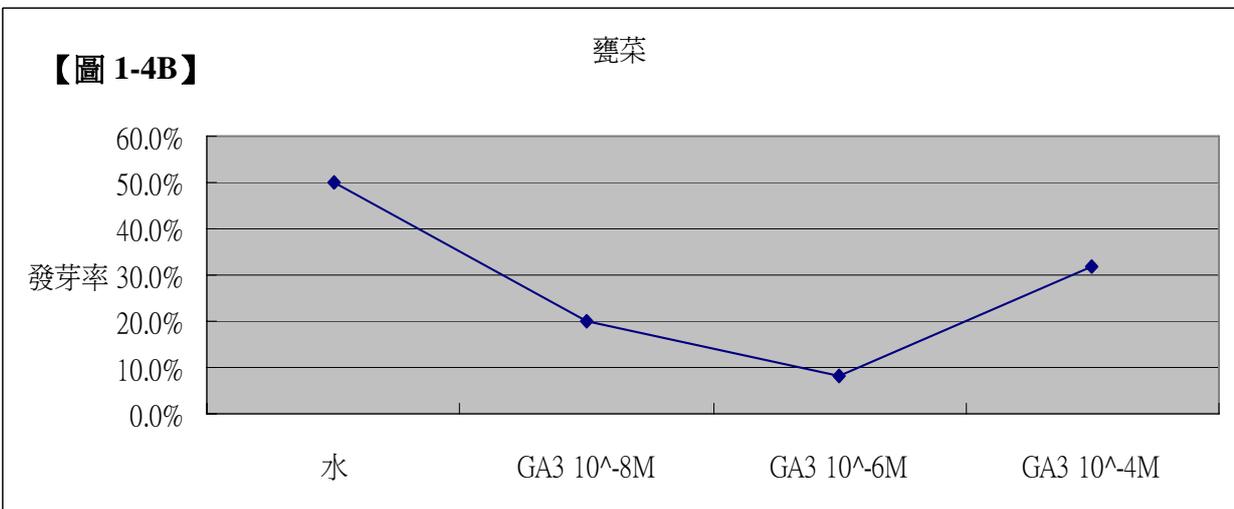
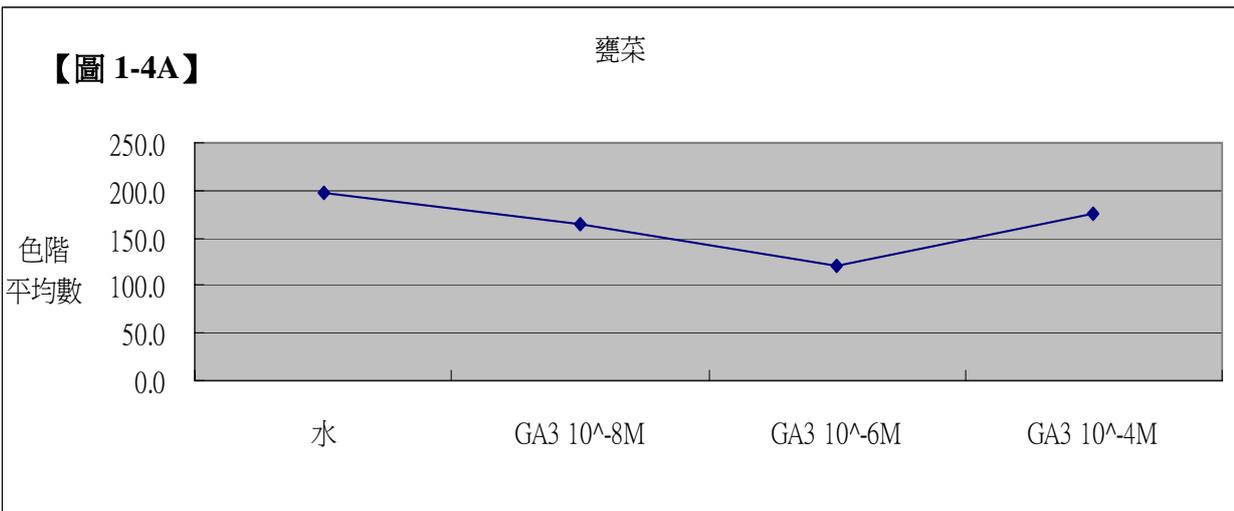
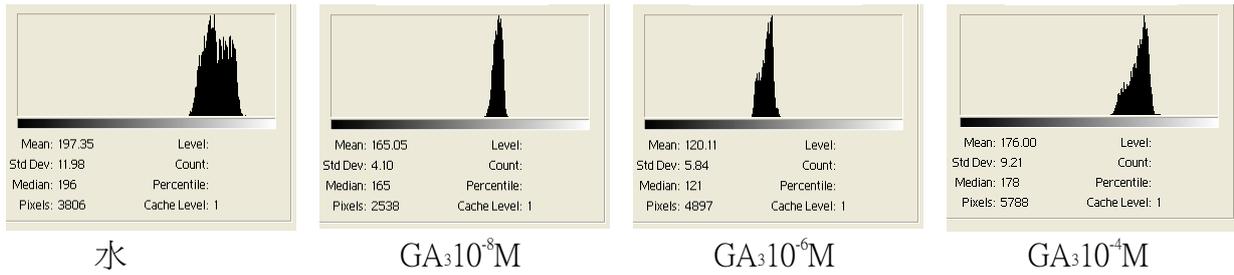
2. 綠豆種子：GA<sub>3</sub>10<sup>-8</sup>M 對其萌發為促進效果 (P < 0.05)，但 GA<sub>3</sub>10<sup>-6</sup>M 及 GA<sub>3</sub>10<sup>-4</sup>M 則有抑制萌發之效果。

2. 不同濃度之 GA<sub>3</sub> 對雙子葉種子—甕菜、綠豆、向日葵內澱粉水解酶活性之影響

本實驗利用澱粉薄層技術來觀察種子內澱粉水解酶之活性。若透明帶越透明，photoshop 軟體所分析之透明帶色階分佈亮度會越亮，色階平均數 (即下圖之 Mean) 會越大 → 此即代表種子內澱粉水解酶活性越大。

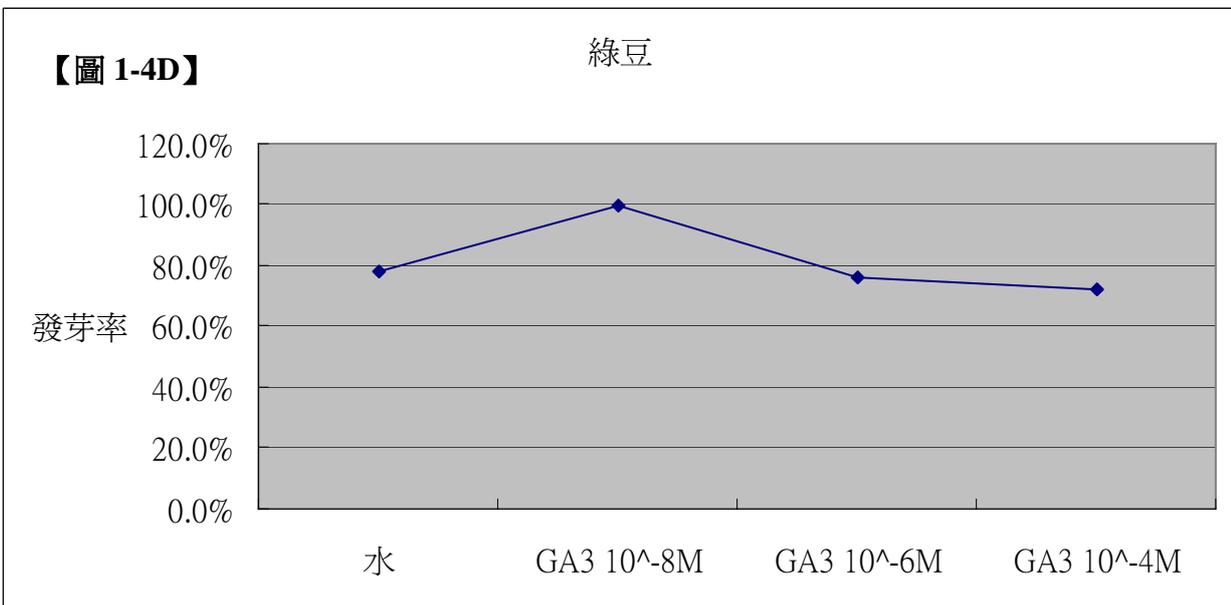
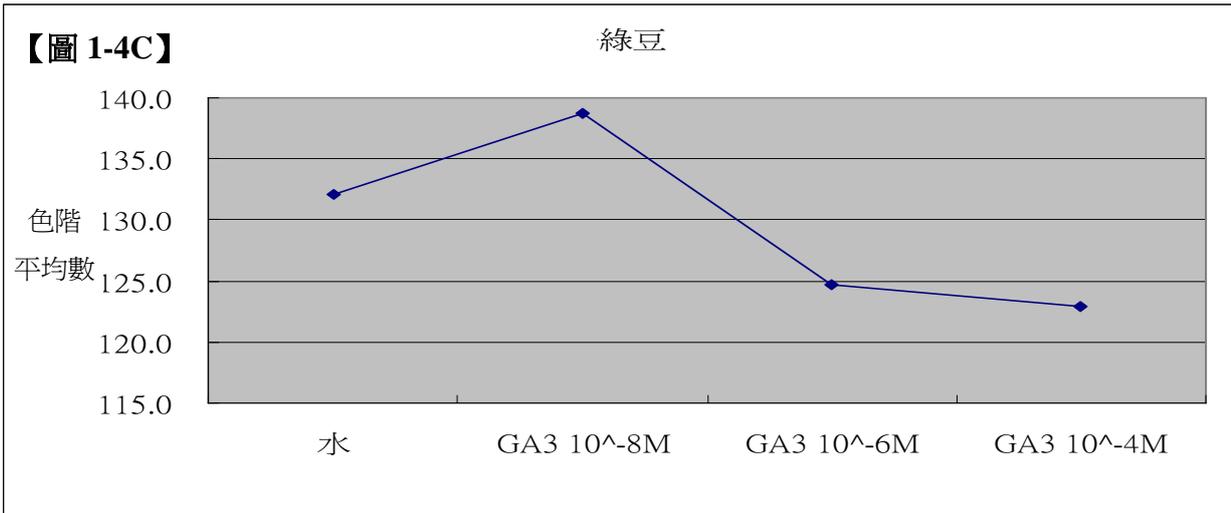


**【蕺菜部分】**



由上圖可知：  
發芽率越高者，其澱粉水解酶的活性亦越高。故推測造成蕺菜發芽率不同，應與誘發產生之澱粉水解酶活性高低不同有關。

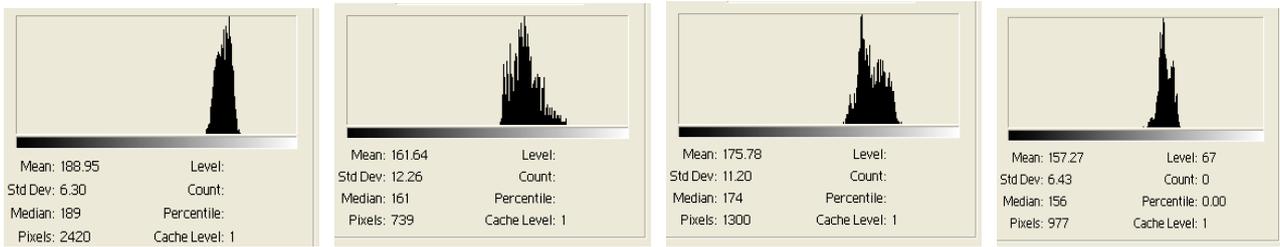
**【綠豆部分】**



由上圖可知：

發芽率越高者，其澱粉水解酶的活性亦越高。故推測造成綠豆發芽率不同，應與其誘發產生之澱粉水解酶活性高低不同有關。

**【向日葵部分】**

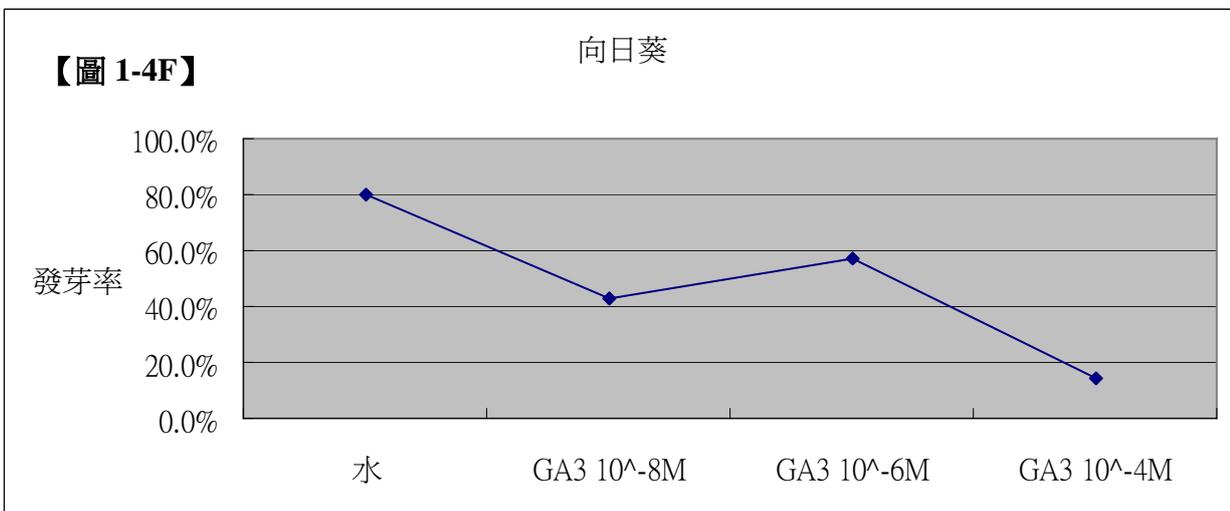
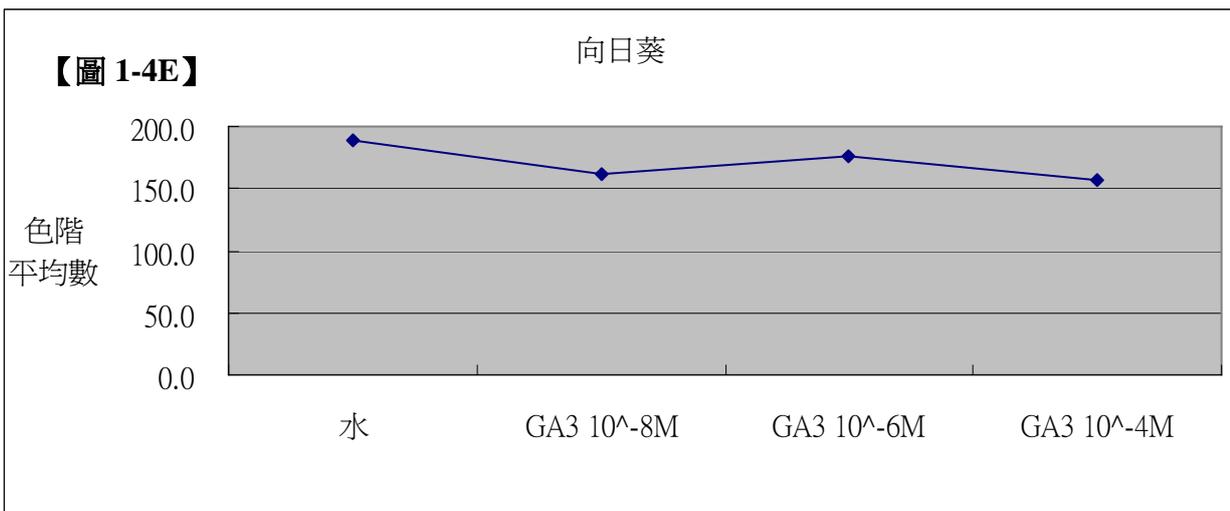


水

GA<sub>3</sub>10<sup>-8</sup>M

GA<sub>3</sub>10<sup>-6</sup>M

GA<sub>3</sub>10<sup>-4</sup>M

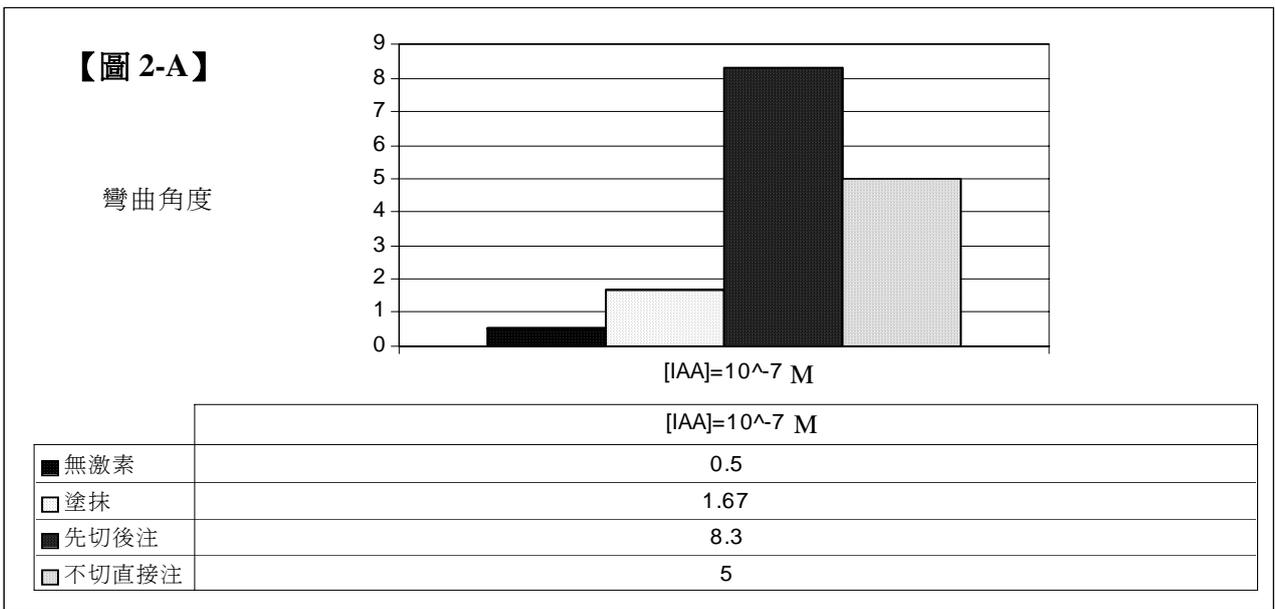


由上圖可知：

發芽率越高者，其澱粉水解酶的活性亦越高。故推測造成向日葵發芽率不同，應與其誘發產生之澱粉水解酶活性高低不同有關。

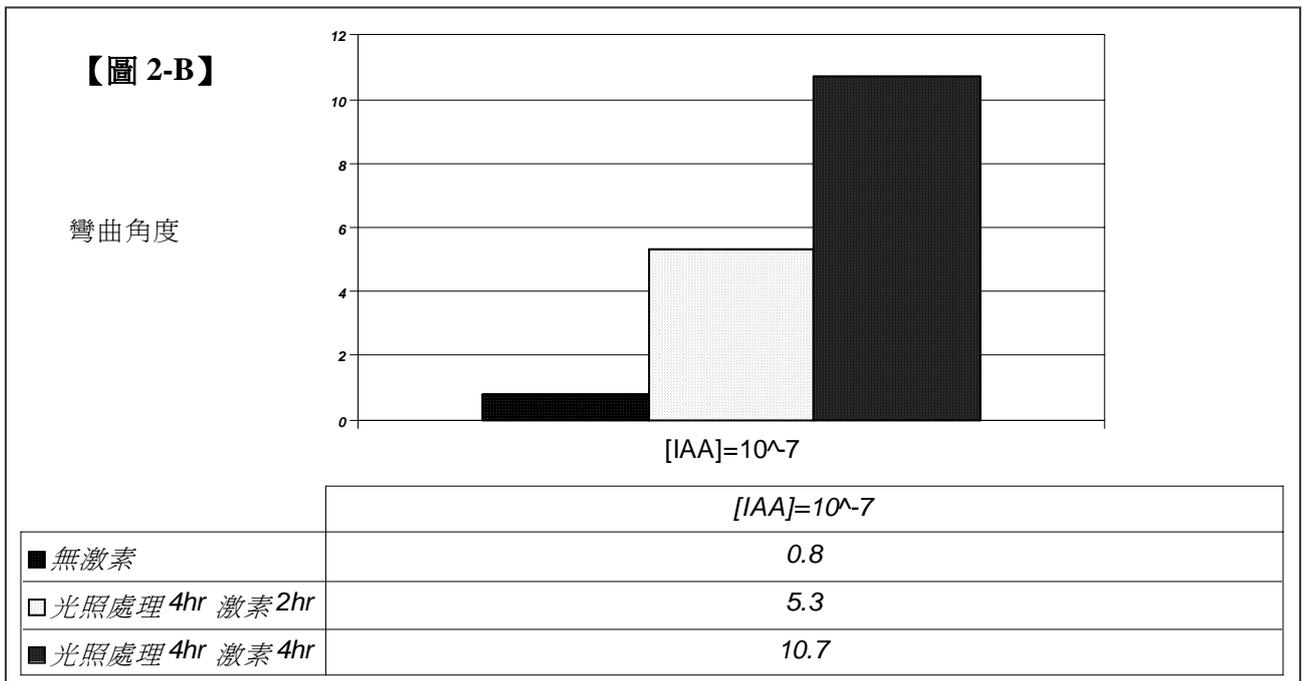
二、植物的向光性與植物激素 IAA 的關係：

【實驗 A】在 IAA 濃度= $10^{-7}$  M 下，不同的施加激素方式對玉米芽鞘向光性之影響（不切生長點）。



可知以「先切後注」效果最好大。且統計分析結果  $P < 0.05$ ，故之後實驗均施以此法。

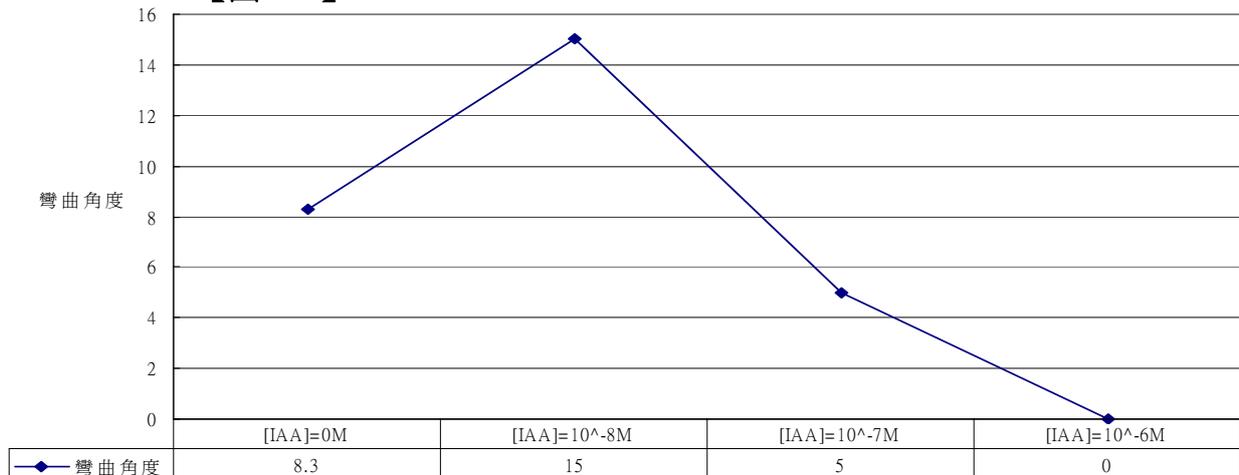
【實驗 B】在 IAA 濃度= $10^{-7}$  M 下，激素停留於生長點時間長短對玉米芽鞘彎曲角度的影響。（不切生長點）



可知外加激素時間較多，彎曲角度亦較多。且統計分析結果  $P < 0.05$ ，故之後外加 IAA 之實驗均以先切後注，並照光 4 小時及加激素 4 小時來處理。

**【實驗 C】** 測量不同[IAA]對玉米芽鞘向光性之影響。(不切生長點)

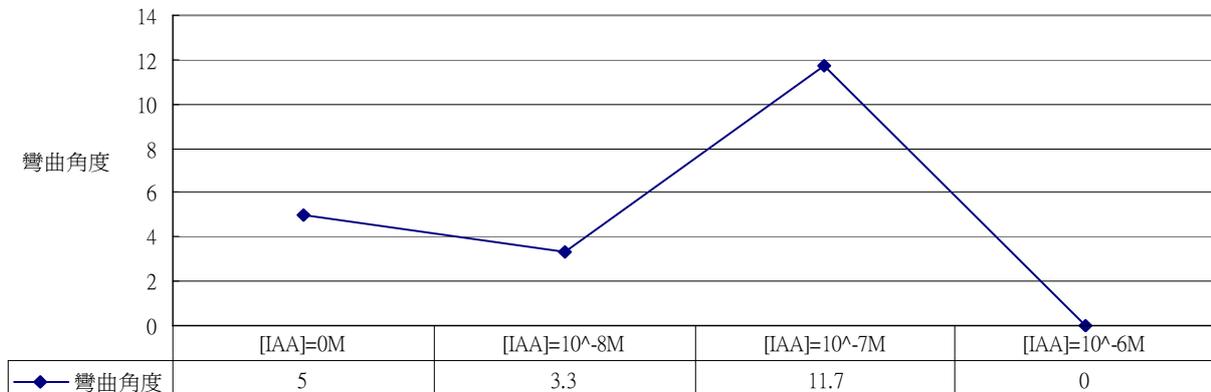
**【圖 2-C】**



1. 可看出 [IAA]=10<sup>-8</sup> M 促其彎曲效果最好 (P<0.05)，並可看出 IAA 幾乎均可促進單子葉芽鞘向光彎曲。
2. [IAA]=10<sup>-6</sup> M 與[IAA]=0M 相較之下似乎有抑制彎曲之效果，推測可能是因外加[IAA]=10<sup>-6</sup> M 導致玉米芽鞘頂部 IAA 總濃度過高所導致。

**【實驗 D】** 測量不同[IAA]對雙子葉植物--茛菪幼莖頂端向光性之影響(不切生長點)。

**【圖 2-D】**

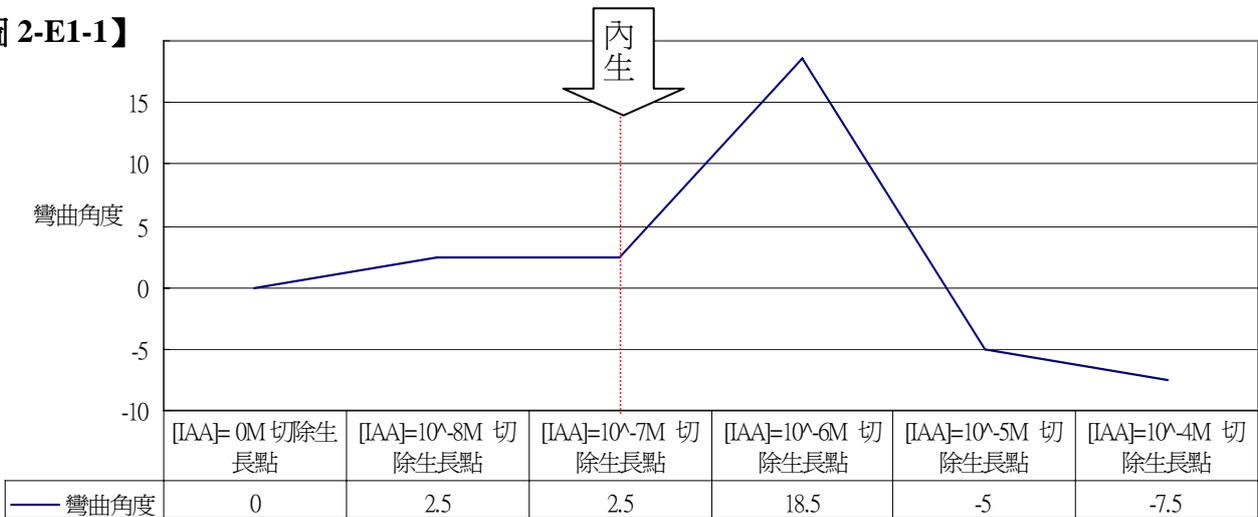


1. 可知外加[IAA]=10<sup>-7</sup> M 有最佳促進彎曲的效果 (P<0.05)。
2. [IAA]= 10<sup>-8</sup>M 彎曲角度與對照組相差極少 (P>0.05)，視為無差異。
3. 與對照組相較，[IAA]=10<sup>-6</sup>M 似乎有抑制彎曲之效果，推測是因外加+內生性[IAA]導致總[IAA]太高，反而有抑制效果，故在下一個實驗當中，我們將切除生長點，盼能以純粹外加 IAA 的方式，求其彎曲角度之標準曲線，來反推若不切生長點的情況之下，外加[IAA]應介於何種範圍，才能促進幼莖頂端之彎曲。又因茛菪幼莖頂端極細，不易操作，故以其它雙子葉：豌豆、綠豆、向日葵測試之。

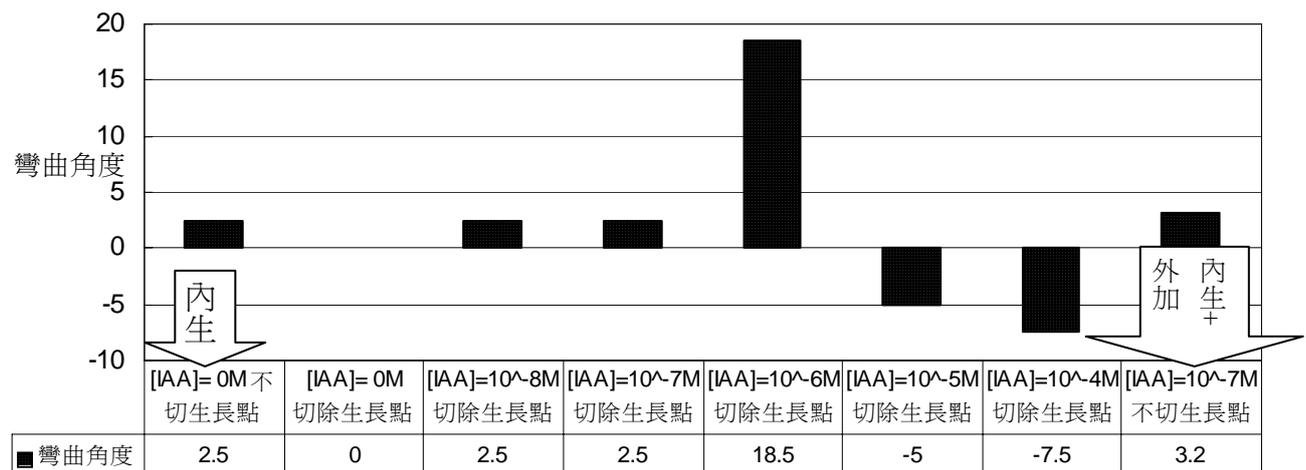
**【實驗 E】** 在切除生長點的情況下，測量不同[IAA]對雙子葉植物—豌豆、綠豆、向日葵幼莖頂端向光性之影響，並尋找可促進向光性之外加[IAA]範圍。

**1. 在切除生長點情況下，求出不同[IAA]對豌豆幼莖頂端彎曲角度之標準曲線，並尋找可促進向光性之外加[IAA]範圍。**

**【圖 2-E1-1】**



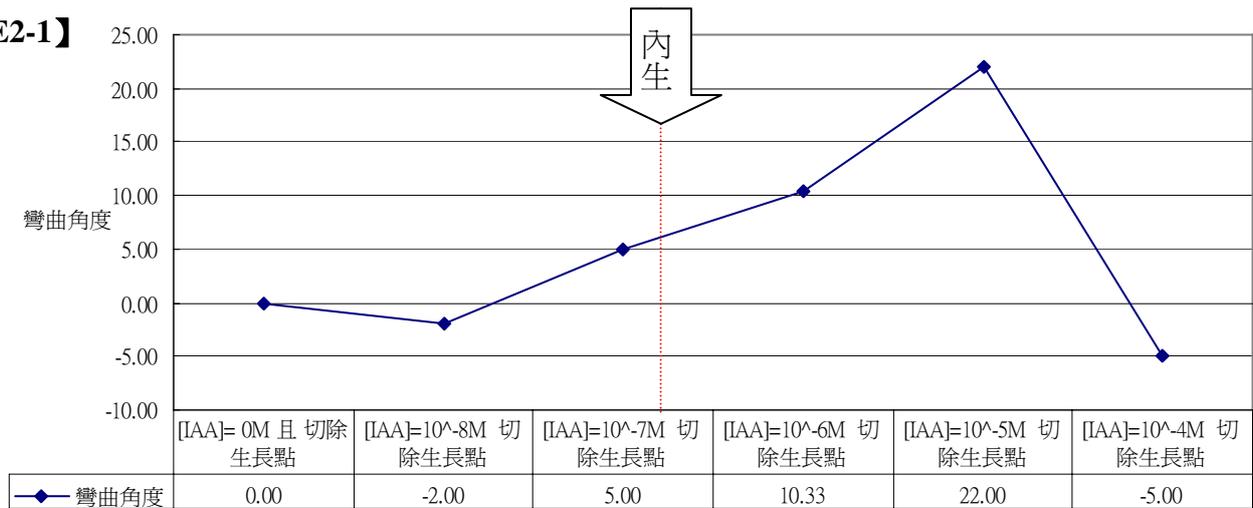
**【圖 2-E1-2】**



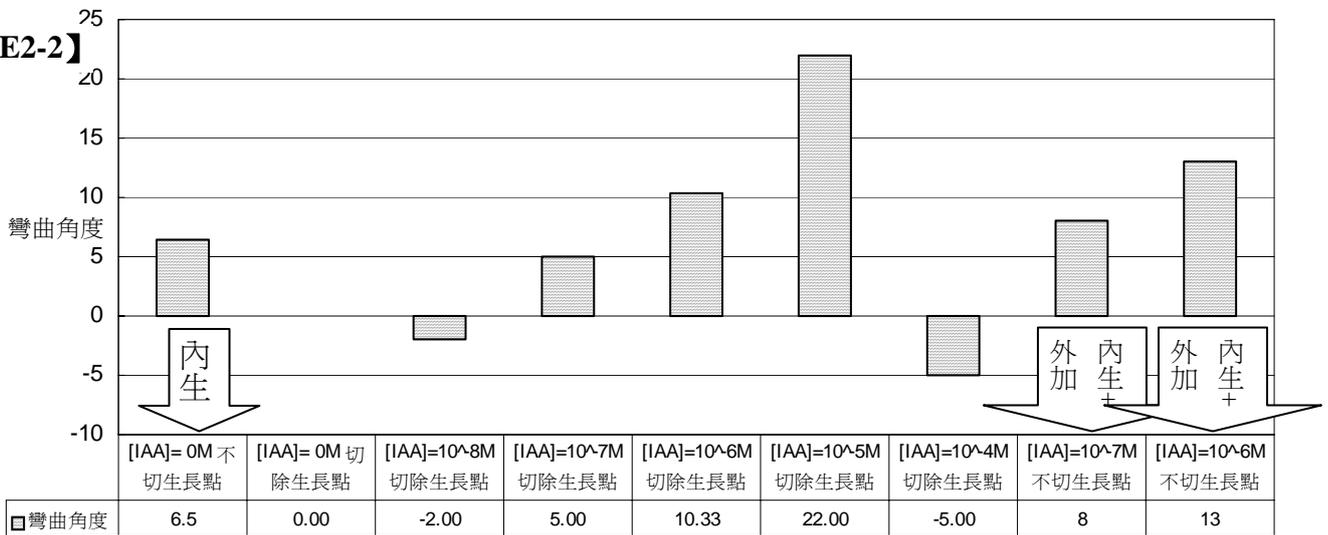
- 由圖 2-E1-1 可發現切除豌豆幼莖頂端後 [IAA]=0M 彎曲角度為 0 度，顯示內生性之 IAA 應由豌豆幼莖頂端產生。又在無內生性 IAA 之干擾下，外加[IAA]=10<sup>-6</sup>M 對豌豆幼莖頂端有最佳促進彎曲的效果 (P<0.05)。
- 將圖 2-E1-2 [IAA]=0M 且不切除生長點的彎曲角度與圖 2-E1-1 作比較，可得知內生性的[IAA]應介於 10<sup>-8</sup>~10<sup>-7</sup>M (圖 2-E1-1 虛線標示處)。
- 由圖 2-E1-2 最右邊之長柱可得知，不切除生長點且外加[IAA]=10<sup>-7</sup>M 之彎曲角度為 3.2 度，介於圖 2-E1-1 中 10<sup>-7</sup>~10<sup>-6</sup>M 間 (2.5~18.5 度) 之角度範圍，且與[IAA]=0M 之彎曲角度相較有顯著差異 (P<0.05)。由此可知：  
外加 IAA 應可促進雙子葉植物—豌豆幼莖頂端向光彎曲，但外加的量 + 內生性的量總和應介於可促進彎曲之[IAA]範圍 (此例為 10<sup>-6</sup>~10<sup>-7</sup>M 之間) 才有促進之效果，否則反而會因濃度太高而抑制。

2.在切除生長點情況下，求出不同[IAA]對綠豆幼莖頂端彎曲角度之標準曲線，並尋找可促進向光性之外加[IAA]範圍。

【圖 2-E2-1】



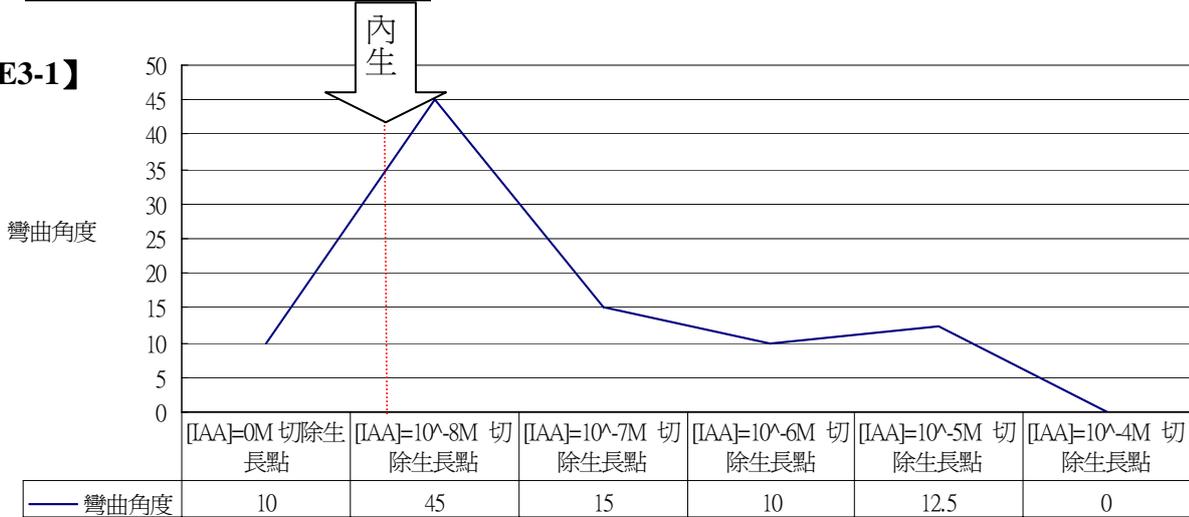
【圖 2-E2-2】



- (1) 由圖 2-E2-1 可發現切除綠豆幼莖頂端後[IAA]=0M 彎曲角度為 0 度，顯示內生性之 IAA 應由綠豆幼莖頂端產生。又在無內生性 IAA 之干擾下，外加[IAA]=10<sup>-5</sup>M 對綠豆幼莖頂端有最佳促進彎曲的效果 (P<0.05)。
- (2) 將圖 2-E2-2 不切除生長點[IAA]=0M 組的彎曲角度與圖 2-E2-1 作比較，可得知內生性的[IAA]應介於 10<sup>-7</sup>~<sup>-6</sup>M (圖 2-E2-1 虛線標示處)。
- (3) 由圖 2-E2-2 最右邊之兩根長柱可得知，不切除生長點且外加[IAA]=10<sup>-7</sup>M 及 10<sup>-6</sup>M 之彎曲角度介於圖 2-E2-1 中 10<sup>-7</sup>~<sup>-5</sup>M 間，且[IAA]=10<sup>-6</sup>M 與[IAA]=0M 之彎曲角度相較有顯著差異 (P<0.05)，由此可知：  
外加 IAA 應可促進雙子葉植物—綠豆幼莖頂端向光彎曲，但外加的量 + 內生性的量總和應介於可促進彎曲之[IAA]範圍 (此例為 10<sup>-5</sup>~<sup>-6</sup>M 之間) 才有促進之效果，否則反而會因濃度太高而抑制。

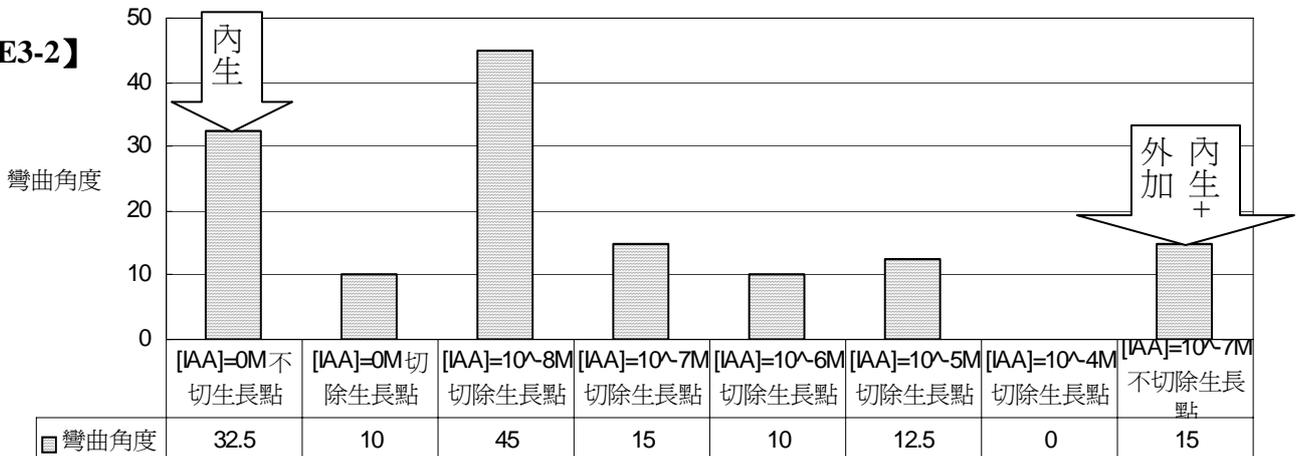
3.在切除生長點情況下，求出不同[IAA]對向日葵幼莖頂端彎曲角度之標準曲線，並尋找可促進向光性之外加[IAA]範圍。

【圖 2-E3-1】



向日葵彎曲角度

【圖 2-E3-2】



- (1) 由圖 2-E3-1 可知切除向日葵幼莖頂端後，[IAA]=0M 彎曲角度為 10 度，推測可能為向日葵幼莖頂端未切除之前產生少量 IAA 向下運輸所殘留。又外加[IAA]=10<sup>-8</sup>M 對向日葵幼莖頂端有最佳促進彎曲的效果 (P<0.05)。
- (2) 將圖 2-E3-2 不切除生長點[IAA]=0M 的彎曲角度與圖 2-E3-1 作比較，可推測內生性的[IAA]應介於 10<sup>-8</sup>~10<sup>-7</sup>M 或介於 0M~10<sup>-8</sup>M。
- (3) 由圖 2-E3-2 最右邊之長柱可得知，不切除生長點且外加[IAA]=10<sup>-7</sup>M 之彎曲角度為 15 度，竟小於不切除生長點[IAA]=0M！因此，推測內生性的[IAA]應介於 0M~10<sup>-8</sup>M 之間，而非介於 10<sup>-8</sup>~10<sup>-7</sup>M，故在不切除生長點且外加[IAA]=10<sup>-7</sup>M 的情況下，可能會造成 IAA 總量太高，反而有些許抑制之效果，所以使得其彎曲角度與切除生長點且外加[IAA]=10<sup>-7</sup>M相同。

故由此實驗得知，向日葵本身所需內生性[IAA]非常低，可能有其他刺激因素導致其向光性。若我們要利用外加方式促進向日葵之向光性，則外加[IAA]範圍應介於 0M~10<sup>-8</sup>M 之間。

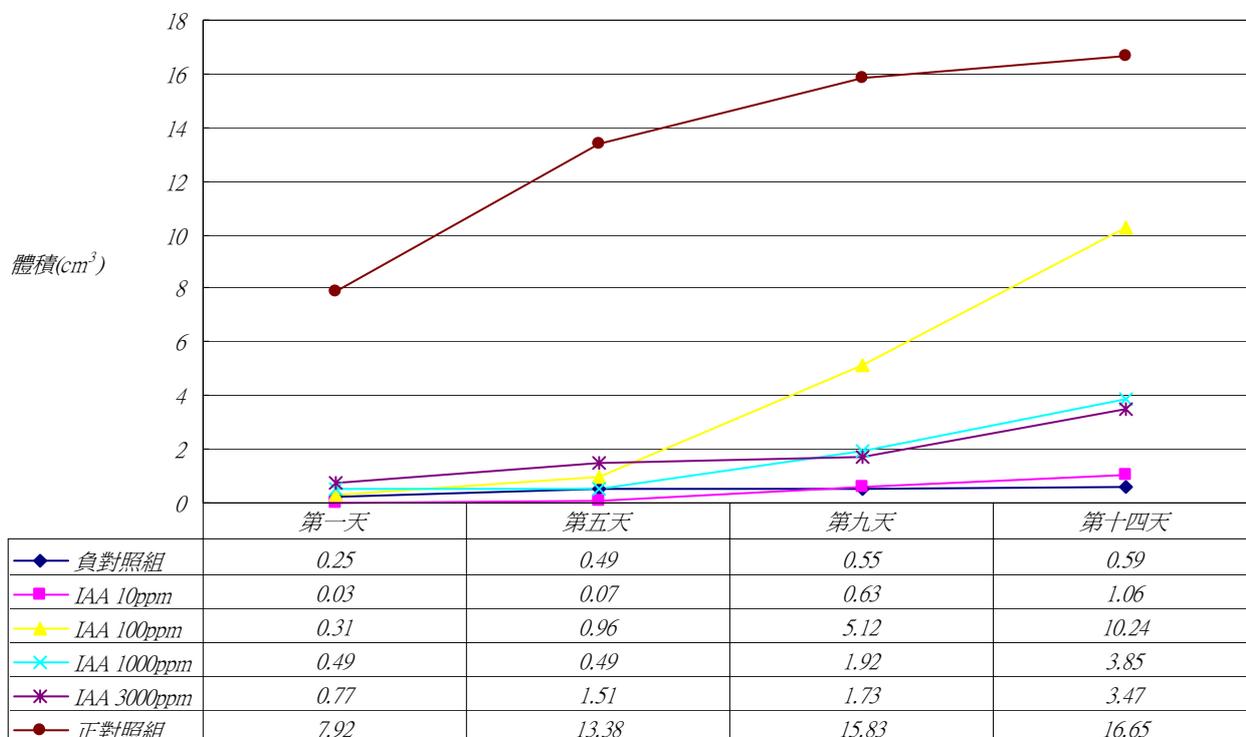
### 三、植物激素 IAA 及 GA<sub>3</sub> 對於單性結果的影響：

(一)不同 IAA 濃度對小黃瓜單性結果之果實體積變化，及果實乾溼重關係之比較

#### 1. IAA 濃度與小黃瓜發育日程體積變化之關係

【圖 3-1-1】

激素種類、濃度與生長情形曲線圖

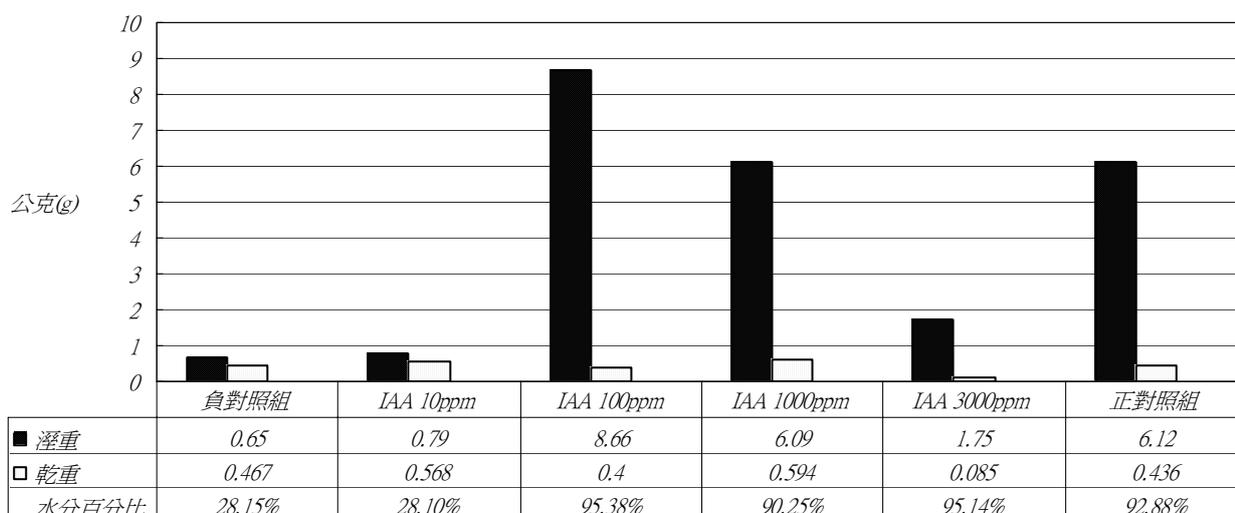


- (1) 可發現促小黃瓜單性結果體積發育之最佳濃度為[IAA]100ppm ( $P < 0.05$ )；且正常授粉者比單性結果的果實體積生長情形要來的好。
- (3) 在小黃瓜單性結果生長後期以 IAA100ppm 體積增長結果最為顯著，而在生長初期各濃度之 IAA 果實體積增長無甚差異；正對照組的果實體積發育趨勢則恰相反。

## 2.IAA 濃度與小黃瓜乾溼重、水分含量關係圖

【圖 3-1-2】

乾溼重與水分含量關係圖

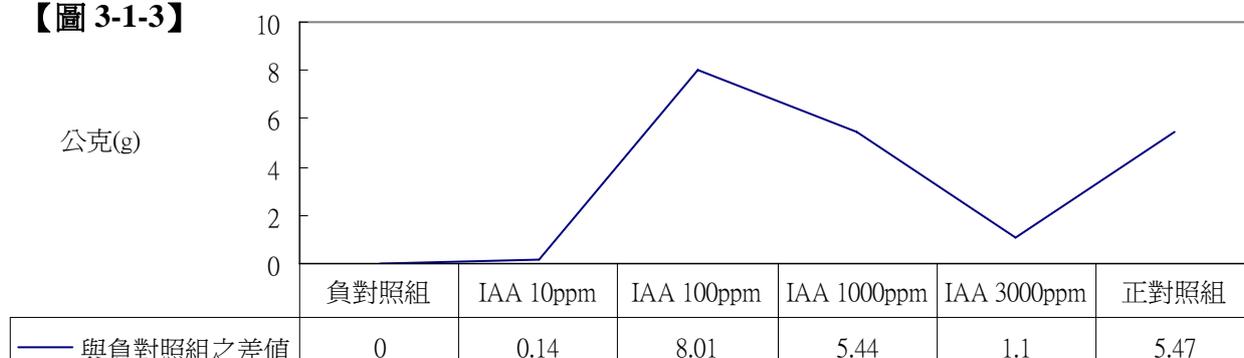


由圖 3-1-1 與圖 3-1-2 可知 IAA100ppm 果實體積發育最好、溼重最大、水分百分比最高；而 IAA10ppm 或負對照組則均最小。比較 IAA100ppm 與負對照組之水分百分比，發現兩者間有顯著增加 ( $P < 0.05$ )，而兩者之果肉百分比間無顯著增加 ( $P > 0.05$ )。故可推測 IAA 促進小黃瓜單性結果果實發育機制應為促進果實水分之增加，而非果肉之發育。

## 3.IAA 濃度與促進小黃瓜單性結果果實生長成效之關係

與負對照組之差值

【圖 3-1-3】



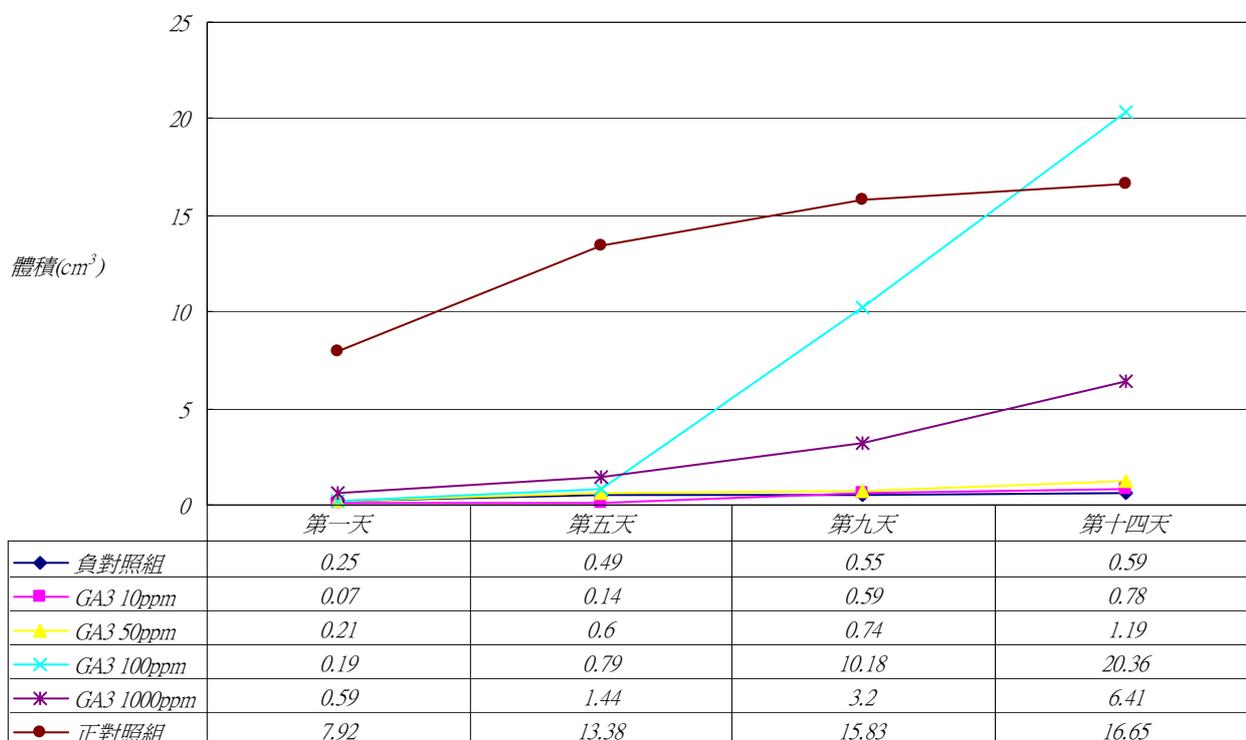
由圖可得知 IAA100ppm 促進單性結果果實生長的成效最好，甚至超過正對照組（但  $P > 0.05$ ），而其餘之 IAA 濃度與負對照組相比也幾乎均能促進果實重量的增加，故可推論 IAA 會促進小黃瓜之單性結果。

(二)不同 GA<sub>3</sub> 濃度對小黃瓜單性結果之果實體積變化，及果實乾溼重關係之比較

**1.GA<sub>3</sub> 濃度與小黃瓜發育日程體積變化之關係**

【圖 3-2-1】

激素種類、濃度與生長情形曲線圖

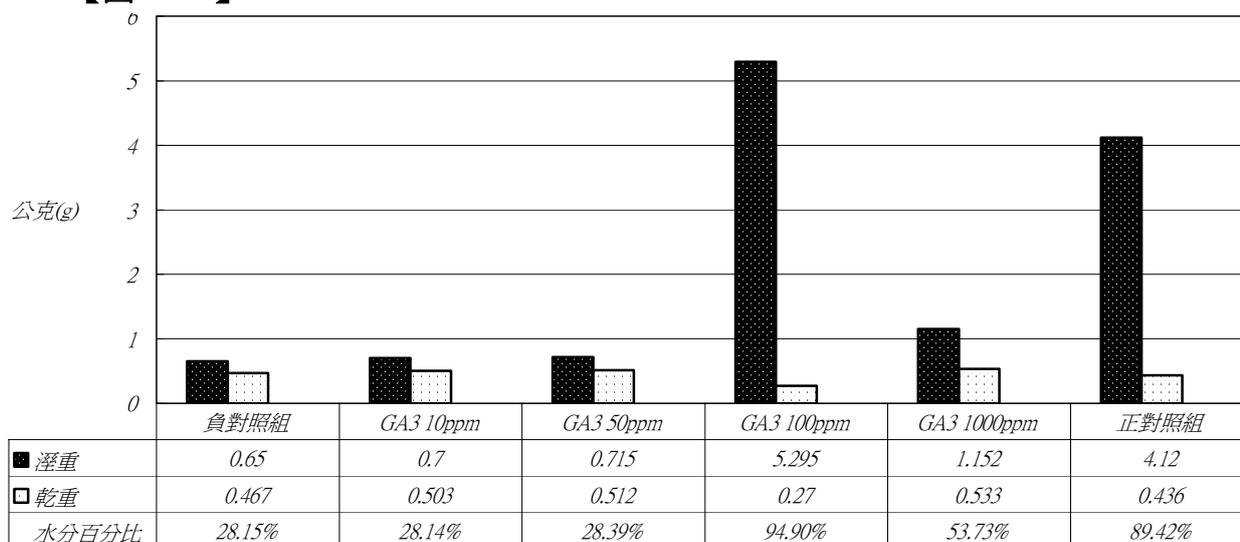


- (1) 可發現促小黃瓜單性結果體積發育之最佳濃度為 GA<sub>3</sub>100ppm (P<0.05)，且甚至比正常授粉的果實體積生長情形更好 (P<0.05)。
- (2) 小黃瓜單性結果生長後期以 GA<sub>3</sub>100ppm 體積增長結果最為顯著，而在生長初期則各濃度之 GA<sub>3</sub> 果實體積增長無甚差異；正對照組的果實體積發育趨勢則恰相反。

## 2. GA<sub>3</sub> 濃度與小黃瓜乾溼重、水分含量關係圖

乾溼重與水分含量關係圖

【圖 3-2-2】

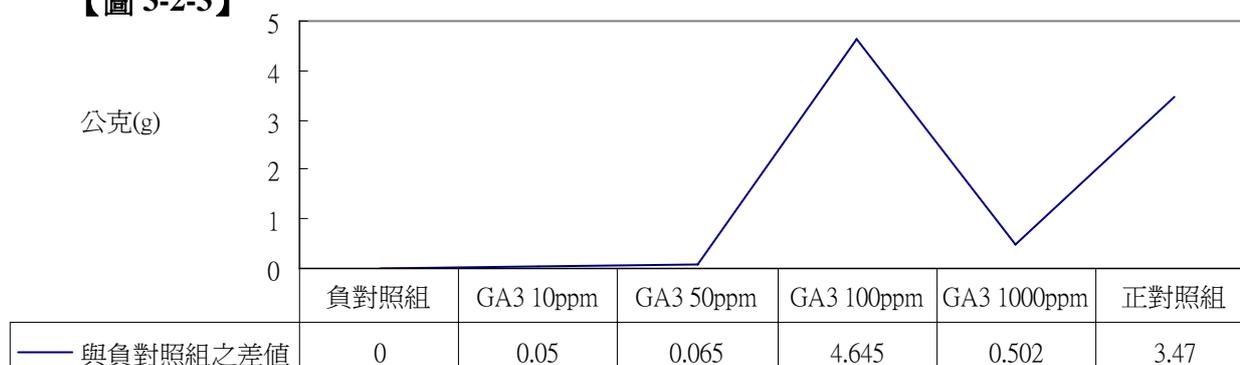


由圖 3-2-1 與圖 3-2-2 可知 GA<sub>3</sub>100ppm 果實體積發育最好、溼重最大，且水分百分比最高；而 GA<sub>3</sub>10ppm 或負對照組則最小。比較 GA<sub>3</sub>100ppm 與負對照組之水分百分比發現有顯著增加：P < 0.05；另比較兩者之果肉百分比並無顯著增加：P > 0.05。故可推測 GA<sub>3</sub> 促小黃瓜單性結果果實發育機制應為促進果實水分之增加，而非果肉之發育，此結果與 IAA 類似。

## 3. GA<sub>3</sub> 濃度與促進小黃瓜單性結果果實生長成效之關係

【圖 3-2-3】

與負對照組之差值



由圖可得知 GA<sub>3</sub>100ppm 促進單性結果果實生長的成效最好，甚至超過正對照組（但 P > 0.05）。而其餘之 GA<sub>3</sub> 濃度與負對照組相比也幾乎均能促進果實重量的增加，故可推論 GA<sub>3</sub> 可促進小黃瓜之單性結果！

(三)不同 GA<sub>3</sub> 濃度對茄子單性結果之果實體積變化，及果實乾溼重關係之比較

**1.GA<sub>3</sub> 濃度與茄子發育週數體積變化之關係**

激素種類、濃度與生長情形曲線圖

**【圖 3-3-1】**

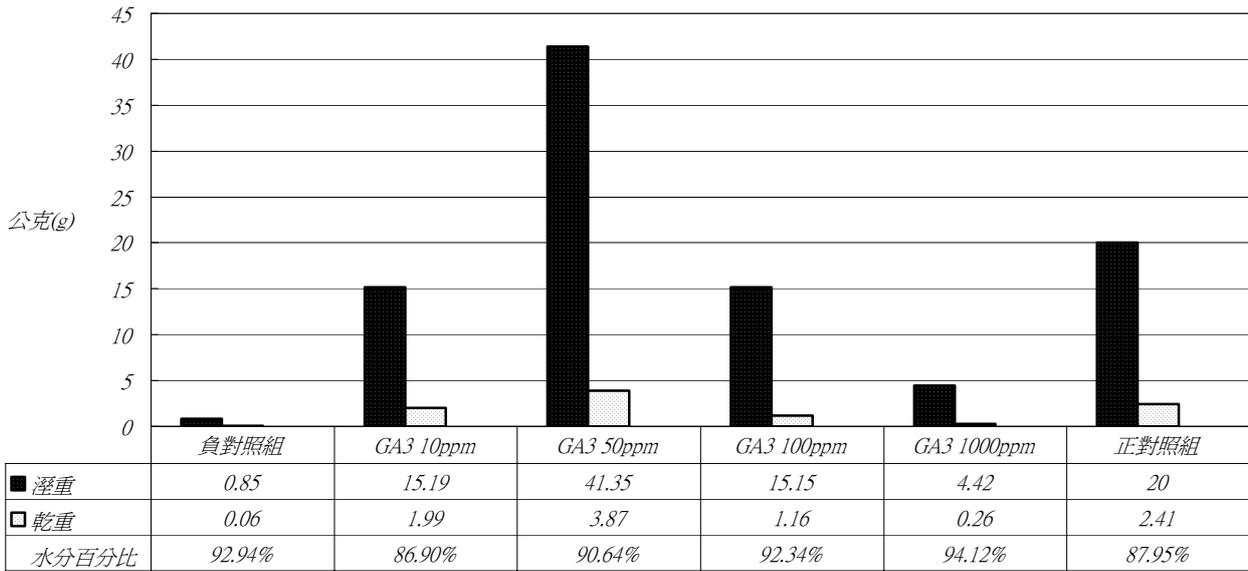


- (1) 促茄子單性結果體積發育之最佳濃度為 GA<sub>3</sub> 50ppm (P<0.05)，且甚至比正常授粉的果實體積生長情形更好 (P<0.05)。
- (2) 小黃瓜單性結果生長後期以 GA<sub>3</sub>50ppm 體積增長結果最為顯著，而在生長初期則各濃度之 GA<sub>3</sub> 果實體積增長無甚差異。而正對照組體積增長趨勢與小黃瓜不同，推測可能是因物種差異不同所致。

## 2. GA<sub>3</sub> 濃度與茄子乾溼重、水分含量關係圖

【圖 3-3-2】

乾溼重與水分含量關係圖

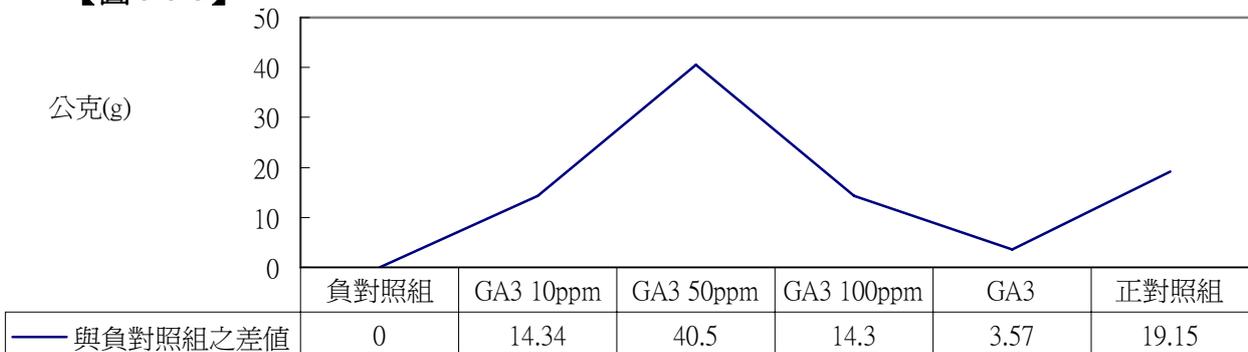


由圖 3-3-1 與圖 3-3-2 可知 GA<sub>3</sub>50 ppm 果實體積發育最好，溼重及乾重均最大；而負對照組其果實體積及溼重、乾重最小。比較 GA<sub>3</sub>50ppm 與負對照組之水分及果肉百分比，P 值均大於 0.05，可知 GA<sub>3</sub> 促茄子單性結果果實發育機制應為果肉水分同步增加，無特別偏重任一方，此與 GA<sub>3</sub> 促小黃瓜果實發育之機制似乎不同。

## 3. GA<sub>3</sub> 濃度與促進茄子單性結果果實生長成效之關係

【圖 3-3-3】

與負對照組之差值



由圖可得知 GA<sub>3</sub>50ppm 促進單性結果果實生長的成效最好，甚至超過正對照組 (P < 0.05)。而其餘之 GA<sub>3</sub> 濃度與負對照組相比也幾乎均能促進果實重量的增加，故可推論 GA<sub>3</sub> 亦可促進茄子之單性結果！

## 柒、討論

### 一、植物激素 $GA_3$ 對單子葉、雙子葉種子萌發的影響及 $GA_3$ 對雙子葉種子內澱粉水解酶活性的影響：

#### (一) 探討雙子葉種子內之澱粉水解酶是由何處產生的？

雙子葉種子由於構造與單子葉種子不盡相同→除蓖麻、百香果等外，雙子葉種子幾乎無胚乳，故應無單子葉種子內之糊粉層。那究竟雙子葉種子內之澱粉水解酶是由何處產生的呢？由我們實驗的確亦可看出雙子葉種子子葉處含有澱粉水解酶，但是否子葉便為水解酶最初產生之處？抑或是由他處產生，運輸至子葉？本實驗尚無法證實。但參考資料指出：「雙子葉種子是由胚軸在控制儲藏器官內水解酵素活性，不過控制的方式相當多。禾本科種子的儲藏養分細胞與製造水解酵素的細胞分屬於不同部位，而雙子葉種子則常發生於同一個組織，如一般豆類種子的子葉為是。」因此似乎可做以下歸納：

	GA 產生處	製造水解酵素的部位	儲藏養分部位（即水解酵素作用處）
單子葉植物	胚	糊粉層	胚乳
雙子葉植物	胚	子葉	子葉

#### (二) 探討為何外加 $GA_3$ 會抑制甕菜及向日葵種子內澱粉水解酶活性？

我們推測，發芽率高低確實與種子內澱粉水解酶活性高低有關，故推測外加  $GA_3$  應可誘發種子內部產生澱粉水解酶。但為何外加  $GA_3$  會抑制甕菜及向日葵種子內澱粉水解酶活性？由參考資料知甕菜及向日葵種子需在水分非常充足的條件下才可萌芽，是否對其而言，種子本身內生性  $GA_3$  便已足夠萌發所需？加上種子對外界  $GA_3$  之濃度變化非常敏感，所以外加  $GA_3$  反而抑制種子內部澱粉水解酶活性？這些需藉由測量種子內部  $GA_3$  濃度才可驗證，因此是未來可再探討的方向。

### 二、植物的向光性與植物激素 IAA 的關係：

#### (一) 探討為何「先切後注」的施加激素方式，對促進玉米芽鞘向光性的效果最好？

三種處理方式主要差異為接觸玉米芽鞘內部面積的多寡，而由圖 2-A 可看出「塗抹」及「不切直接注」彎曲角度較小，可能是因為接觸內部面積極小所導致。而「先切後注」推論是因接觸面積較大，IAA 吸收量較多，故彎曲角度較大，因此之後實驗均施以「先切後注」之處理方式。

#### (二) 探討部分植物在背光面施加 IAA 後會有背光性產生的數據。

推測可能是因為植物背光面在人為施加 IAA 後，導致 [IAA] 過高而產生抑制生長的情形，進而導致向光面生長速度 > 背光面，而有背光性的情形發生。

### 三、植物激素 IAA 及 $GA_3$ 對於單性結果的影響：

#### (一) $GA_3$ 可否促進植物之單性結果？

由圖 3-2-3 及圖 3-3-3 可知，與負對照組相比， $GA_3$  均能促進小黃瓜及茄子之溼重增加，故我們推論  $GA_3$  的確有促進單性結果之效。而參考文獻發現  $GA_3$  可促進如蘋果、蕃茄或新水梨之單性結果，亦驗證了我們的推論。

(二)探討絕大多數經 IAA 及 GA<sub>3</sub> 所處理之單性結果，其果實發育情形不如正對照組。

由參考文獻得知，沒有授粉會導致著果不完全、較小的果實或子房不發育；亦提到發育中的種子和維持果實生長之間存有正相關的關係。推論或許是因正常授粉的刺激，會誘發植物產生更多促進果實發育之物質（如其他調節因子等），進而提升果皮及果室組織的細胞積儲活性，使得發育情形較單性結果為佳。但這些需藉由測量果實內部 IAA 及 GA<sub>3</sub> 濃度才可驗證。

(三)探討在整個果實體積發育過程中，正對照組大多是早期增快而後期趨緩，而促單性結果之最佳 IAA 及 GA<sub>3</sub> 濃度卻大多是早期趨緩而後期增快。

由參考文獻得知，果實發育可分為三個時期：第一期：著果→決定細胞是否進一步分裂及果實發育；第二期：主為細胞分裂促使果實成長；第三期：由細胞分裂終止後算起，主為細胞伸展直到細胞長至最後大小。而文獻中亦提到，沒有種子存在於果實中，則器官的發育就會延遲；而單性結果的果實在第二期會表現出 GA 之累積，其累積量甚至高於正常果實數倍。由此推測，生長初期有授粉刺激是相當重要的，或許正常授粉會刺激果實於早期產生某些機制（如分解澱粉及蛋白質等儲存物質或促光合產物向果實運輸）促使果實體積於早期發育迅速；而單性結果則可能是在生長後期因為某些機制導致 IAA 及 GA<sub>3</sub> 大量累積，而使細胞快速分裂與伸展，導致果實體積在後期迅速增加，但這些推論仍需測量果實內部 IAA 及 GA<sub>3</sub> 濃度變化量方可驗證。

(四)探討在小黃瓜中，IAA 及 GA<sub>3</sub> 促果實發育機制主要為促進果實水分增加；而在茄子中，GA<sub>3</sub> 促果實發育機制卻為果肉及水分同步增加。

由參考文獻中提到，與茄子同為茄科之蕃茄，其促果實發育機制主為促果實組織中的細胞增殖與分化，並發現其果皮細胞及果室細胞有絲分裂活性相當高。推測可能是因物種差異導致小黃瓜與茄子之果實發育機制有所不同（例如是否可能茄子的果肉增生能力大於小黃瓜？）所導致？真正原因尚待更進一步的實驗來證實。

## 捌、參考資料及其他

- 1.高景輝，植物賀爾蒙，國立編譯館主編，華香園出版社，1985 年 7 月出版
- 2.朱蕙香 陳虎保，常用植物生長調節劑 應用指南，化學工業出版社，2001 年 10 月
- 3.養分分解轉運的機制 <http://seed.agron.ntu.edu.tw/vtseed/germin/ger13.htm>
- 4.蘇明洲，植物向光性機制之回顧，大仁學報第 18 期，2000 年 5 月，p.379-389
- 5.Gillaspy 等著 王慶裕等節譯，果實的發育，科學農業第 46 期，1998 年，p.275-281
- 6.李宗霆 周燮，植物激素及其免疫檢測技術，江蘇科學技術出版社，2000 年 10 月
- 7.林元林、焦民赤主編，蔬菜多茬 立体 周年 栽培手冊，中國實業出版社，1999 年 9 月

## 評 語

040710 探討  $CA_3$  及 IAA 對植物生長的影響

本研究採活植物生長激素之交互作用，但一般而言 CAA 及 IAA 均屬“促進性”，應加入已知“拮抗性”激素之探討(如 IAA vs. CK)實驗設計過於繁瑣，重點不易顯現。