

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高級中等學校組 植物學科

探究精神獎

052103

膠體銀對植物種子萌發的影響

學校名稱：國立臺南女子高級中學

作者： 高二 曾文祺	指導老師： 李碧芬
---------------	--------------

關鍵詞：膠體銀、種子萌發

摘要

本研究嘗試用銀做為兩電極於水中電解形成的膠體銀（Silver Colloid）做為主要研究對象，經實驗發現以 500 毫升蒸餾水、使用 30 V 電壓電解 2 小時產生的膠體銀濃度是最穩定。使用不同濃度的膠體銀探討對植物發芽時產生的黴菌以及後續植物生長的影響。經由實驗後發現，濃度高的銀膠水在浸泡植物種子（花生、玉米）1 個小時即可以有效的抑制發芽時期黴菌的生長。

壹、研究動機

在上生物課時，老師為了介紹種子的萌發生長過程，帶了好幾種植物種子（如：玉米、花生、豌豆等）給我們種植，但在萌發的過程，我發現有不少種子發霉而無法順利萌發。原來是因為許多植物種子發芽時會因本身含水量及養分豐富等原因而容易發霉，對於植物栽種造成很大的不便。經由觀察及搜尋資料後，我發現銀的奈米粒子可以用來抑制細菌及真菌的生長，因此我想嘗試以自製膠體銀的作法來嘗試解決種子發芽時產生的發霉現象，增高植物種子的萌發率。

貳、研究目的

- 一、設計出最適合自製膠體銀的方法
- 二、找出最適合抑制植物種子發霉的膠體銀濃度
- 三、改變種子浸泡膠體銀的時間，找出抑制黴菌生長的最短浸泡時間

參、文獻探討

一、膠體銀

市面上的「奈米銀」，簡單來說，就是將金屬銀進行奈米化，處理後的銀顆粒粒徑只要 $< 100 \text{ nm}$ ，即可稱為奈米銀。而要將金屬銀奈米化，並不能用傳統的機械研磨方式，因為傳統的機械研磨極限為 500 nm ，且粒徑大小不易控制，無法製成高均勻性的奈米銀溶液。目前要得到高均一性的奈米銀粒子，多採用化學還原的方法，將還原劑加入銀離子溶液中，使離子獲得電子而還原成金屬粒子，再配合上適當的保護劑及懸浮分散劑，避免團聚現象產生。

當合成的銀奈米粒子尺寸小於 100 nm 時，就可以在懸浮分散液的作用下，得到穩定分散的懸浮液體，而保護劑的作用則為抑制銀粒子相互凝聚而變大，因此奈米級的銀粒子便能在液體中產生布朗運動，一段時間內不會有明顯的團聚現象產生。

在奈米銀的定性分析上，最常見的方法是透過紫外光—可見光光譜儀進行全波長掃描，從光譜上可見奈米銀水溶液在波長 410 nm 附近有特定的光譜吸收峰，

這是因為奈米銀的粒徑遠小於入射光波長，表面電子受到入射光的激發，引起溶液中所有奈米銀粒子共同進行偶極震盪行為，造成其表面電子偏極化，稱做「表面電漿共振」，這種行為會隨著金屬的種類、粒徑大小、顆粒形狀、粒子濃度、懸浮分散劑或保護劑的不同而有明顯差異。

奈米銀的抗菌原理主要是奈米化的銀顆粒在潮濕環境中會釋出正電荷的銀離

子，當正電荷銀離子接觸到帶負電荷的細菌細胞後，會因銀離子與蛋白質上的硫醇基的特異性結合作用力，有效的刺穿細胞壁和細胞膜外表，進一步讓細菌細胞因蛋白質變性，而無法代謝、呼吸、和繁殖，直到死亡，達到滅菌的效果。

奈米銀的抗菌效用類似觸媒，在穿透細胞壁後，便會逐步破壞菌體的新陳代謝反應，最後導致菌體死亡並完全消失，同時不會產生抗藥性反應

二、種子的抑菌方法

(一)、複合型甲殼素

甲殼素本身帶的正電荷，對細菌／黴菌孢子等具有吸附特性，因此，可以有效抑制病原菌的孳生

(二)、泡溫水

部分病原菌在經過高溫處理後會死亡

(三)、泡藥劑

1. 甲醛

可以殺死大多數細菌和真菌（包括其孢子）

2. 多菌靈（笨菌靈代謝產物）

可以殺死大多數細菌和真菌（包括其孢子）

3. 代森鋅（有機硫製劑）

因可滲入植物表皮，兼有治療作用，為常見防治病害用藥劑

4. 波爾多液（硫酸銅和生石灰）

波爾多液中含有大量膠體顆粒，有良好的黏附性能，可以在水果上形成薄膜保護層，防止菌類侵入。且波爾多液會緩慢釋放出銅離子，銅離子可以影響真菌孢子里的酶，阻止孢子發芽。這就是為什麼波爾多液需要預先噴灑，一旦孢子已經發芽，波爾多液就無效了

5. 漂白粉

是一種很強的氧化劑，能使微生物的蛋白質變質，分解出新生氧來殺死細菌，且有效殺滅真菌及病毒

6. 錳酸鉀

高錳酸鉀為強氧化劑，遇有機物即放出新生氧，有殺滅細菌作用，其殺菌力極強

7. 食鹽水

利用濃度差，使其脫水致死

肆、研究設備及器材

一、實驗器材

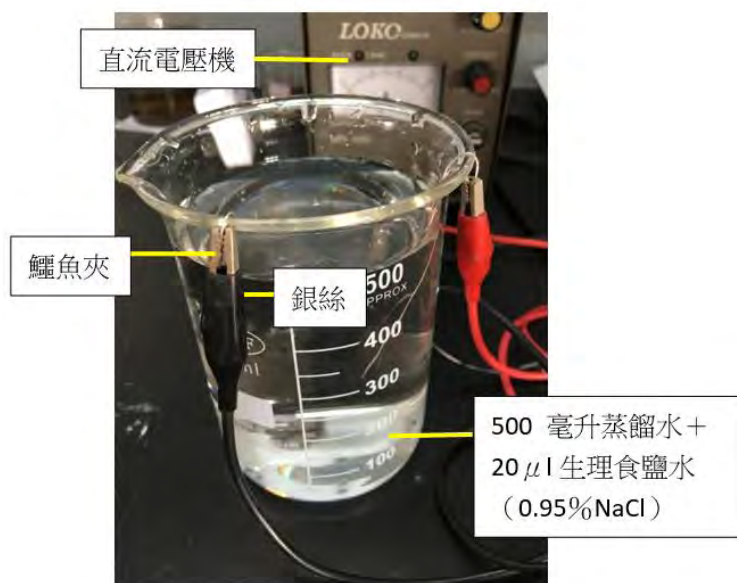
- (一) 直流電壓機 1 台，鱷魚夾 2 個
- (二) 500 毫升容量瓶 1 個，500 毫升燒杯 1 個
- (三) 銀絲 10 公分 2 段
- (四) 微量吸管 20~200 微升 1 個
- (五) 生理食鹽水 0.9%、蒸餾水
- (六) 紫外光—可見光 分光光度計
- (七) 接種環 1 支
- (八) 培養皿數個
- (九) 恆溫培養箱



分光光度計、直流電壓機，鱷魚夾、容量瓶、500 毫升燒杯、微量吸管

(圖一) 實驗器材

二、實驗裝置



(圖二) 銀膠製作裝置圖

伍、研究過程及方法

一、自行製作銀膠水

- (一) 用 500 毫升容量瓶量取 500、1000 毫升蒸餾水，放入 500、1000 毫升燒杯中備用
- (二) 用微量吸管吸取 0.95% 生理食鹽水，加入 20 μ l 至步驟一的蒸餾水中
- (三) 分別以兩段 10 公分的銀絲做為兩極（先以微量天平測量），用直流電供應以 30V 電解不同時間（1 小時、2 小時、3 小時）以製作不同濃度的銀膠水
- (四) 分析銀膠水的濃度與成分
- (五) 放入烘箱以 125 度攝氏乾燥銀絲後，秤銀絲減少的重量以計算膠體銀濃度
- (六) 以廷得耳效應觀察銀膠水是否製作成功
- (七) 以可見／紫外光分光光度計分析各波長吸光度

二、測試膠體銀對植物種子發芽率的影響

- (一) 先以清水沖洗種子，以去除種子表面的微生物、孢子
- (二) 用不同濃度銀膠水泡不同植物種子 24 小時後，放在有棉花的培養皿（已滅菌）上移至 28 度攝氏培養箱中培養 2 天後，觀察種子發芽及發霉情形

三、測試膠體銀對植物後續生長的影響

- (一) 將過程（二）的種子放入培養土中培養，觀察其生長情形

陸、研究結果

一、銀膠水的製作

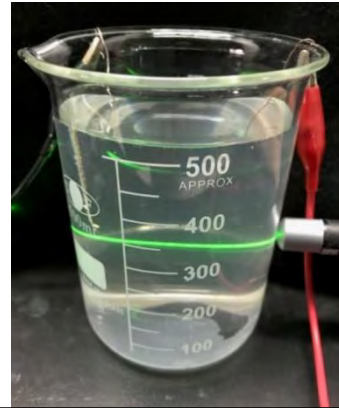
(一) 自製不同濃度的膠體銀

1. 以 1000 毫升蒸餾水，使用 30 V 電壓分別電解銀絲 1、2、3 小時，經過重複製作後發現其濃度極為不穩定，決定嘗試減少蒸餾水來製作
2. 以 500 毫升蒸餾水，使用 30 V 電壓分別電解 1 小時，經過計算及實際觀察發現電解 3 小時的銀膠雖有最高濃度，但製作後燒杯底有大量的銀附著，而電解 2 小時的銀膠雖有少許沉澱，但經過多次重複製作，發現電解 2 小時的銀膠濃度是最穩定的

(二) 分析銀膠水的濃度與成分

1. 以雷射筆測試的結果，皆可呈現廷得耳效應

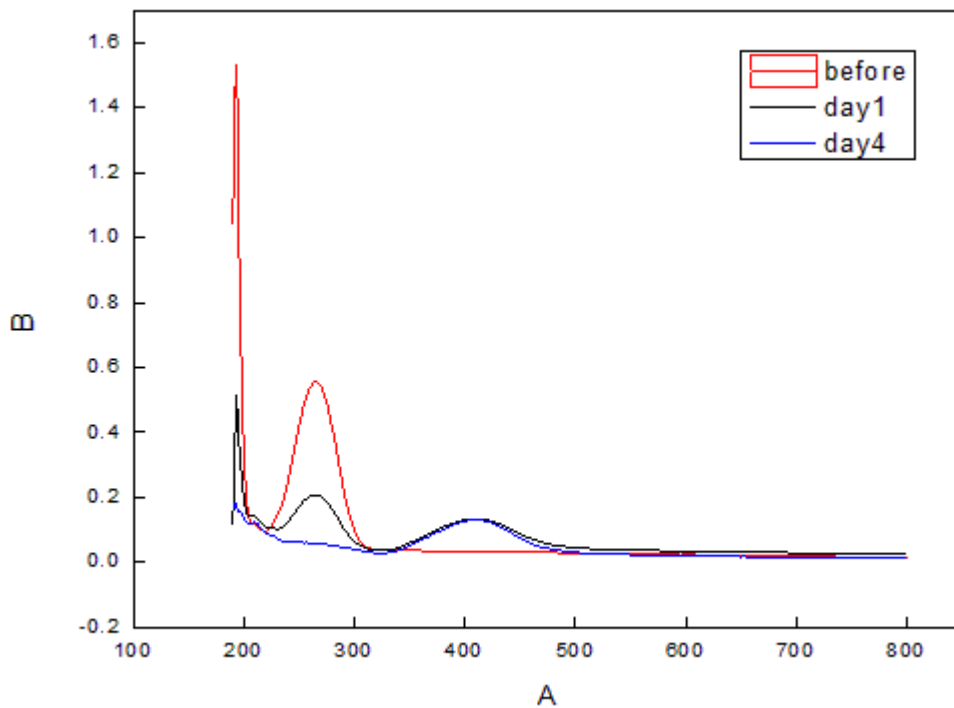
註：廷得耳效應：當一束光線透過膠體，從入射光的垂直方向可以觀察到膠體裡出現的一條光亮的「通路」，由於溶膠粒子大小一般不超過 100 nm，膠體粒子介於溶液中溶質粒子和濁液粒子之間，其大小在 1~100nm。小於可見光波長（400 nm~700 nm），因此，當可見光透過溶膠時會產生明顯的散射作用



(圖四) 製作完畢的銀膠呈現廷得耳效應

(圖三) 銀膠製作完畢圖，肉眼可見溶液由無色透明變成淡黃色

2. 銀膠在短時間內雖會群聚，但不影響其效用，詳見下圖



(圖五) 銀膠的 UV 光吸收度
(橫軸為光波長，單位為奈米；縱軸為光吸收度)

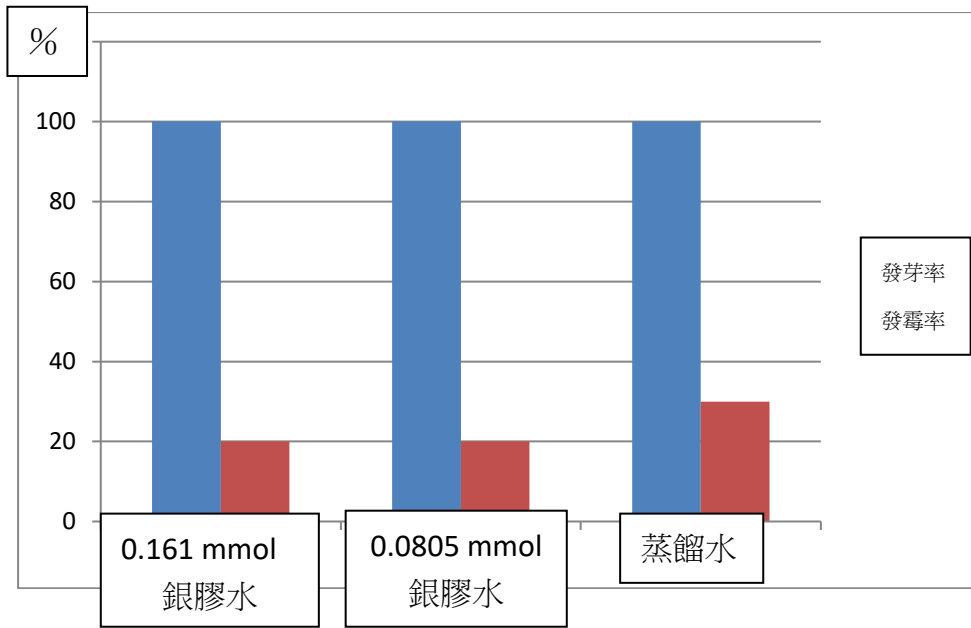
雖然經過四天，其吸光度波峰有右移現象，但仍在 410 nm 內（即其粒徑仍在奈米銀定義中的 100 nm 內），證實了實驗中所使用的銀膠可在短時間不添加保護劑的情況下，可以保持其效用

二、測試膠體銀對植物種子發芽率的影響

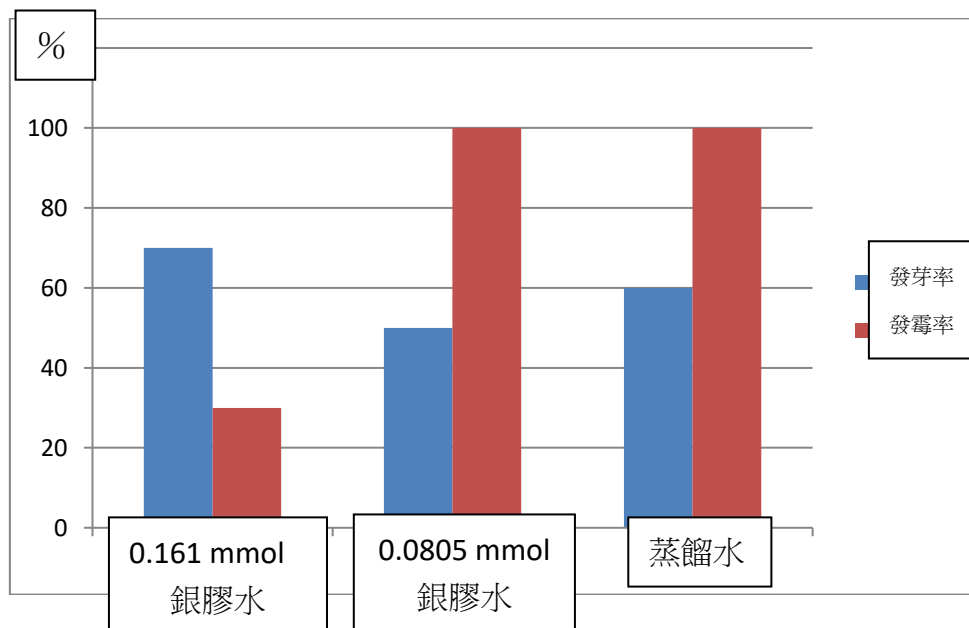
(一)實驗一：以電解 2 小時，500 毫升，濃度 0.161 毫莫耳銀膠水，分別用 0.161 毫莫耳銀膠水、0.0805 毫莫耳銀膠水（用蒸餾水稀釋一倍）、蒸餾水各 50 毫升，浸泡豌豆、小麥、花生、玉米種子每組各 10 顆 24 小時後，放入滅菌鋪有棉花的培養皿，放入 28 度攝氏的培養箱中，120 小時後記錄發霉率及發芽率結果如下：

銀膠水濃度 植物種類	0.161 mmol				0.0805 mmol				蒸餾水			
	發芽數 (顆)	發霉數 (顆)	發芽率 (%)	發霉率 (%)	發芽數 (顆)	發霉數 (顆)	發芽率 (%)	發霉率 (%)	發芽數 (顆)	發霉數 (顆)	發芽率 (%)	發霉率 (%)
玉米	10	2	100	20	10	2	100	20	10	3	100	30
花生	7	3	70	30	5	10	50	100	6	10	60	100
豌豆	9	3	90	30	9	3	90	30	9	5	90	50
小麥	9	0	90	0	9	0	90	0	9	0	90	0

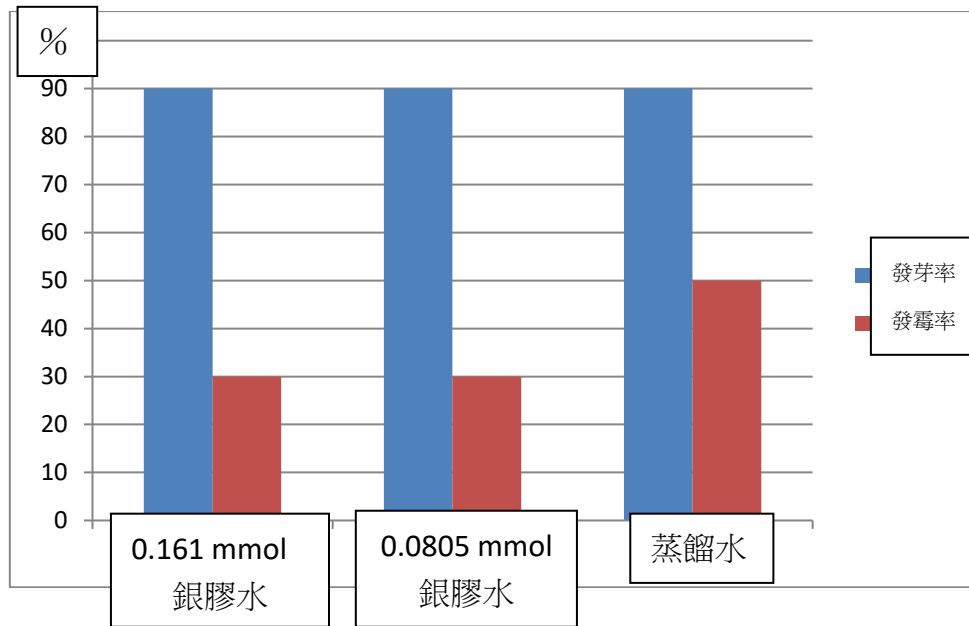
(表一) 實驗一中不同植物種子發芽率與發霉率與銀膠濃度間的關係表



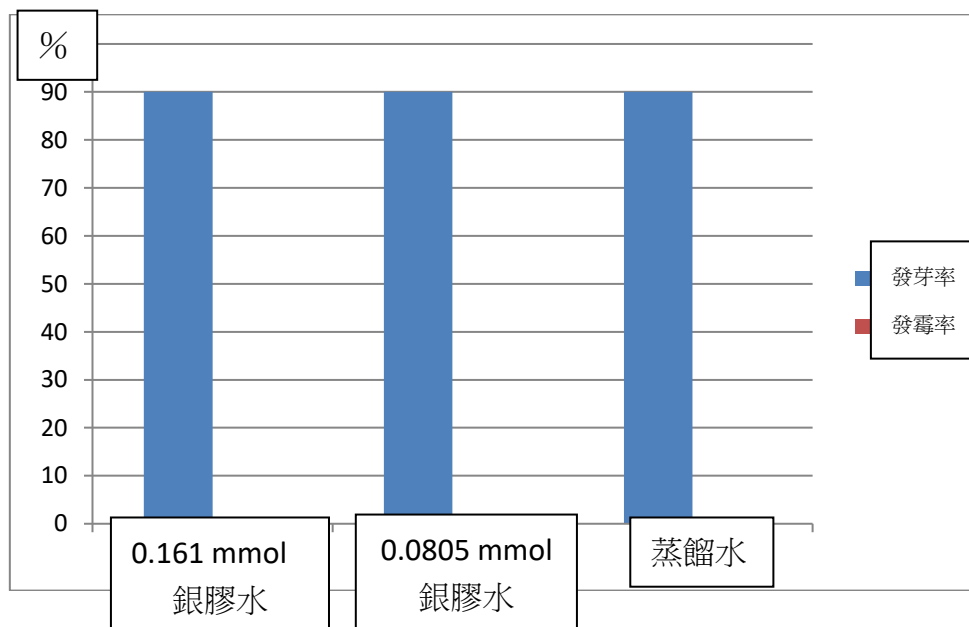
(圖六) 實驗一中不同銀膠濃度對玉米種子發芽率及發霉率影響圖表



(圖七) 實驗一中不同銀膠濃度對花生種子發霉率即發芽率影響圖表



(圖八) 實驗一中不同濃度銀膠對豌豆種子發芽率及發霉率的影響圖表



(圖九) 實驗一中不同濃度銀膠對小麥種子發芽率及發霉率的影響圖表

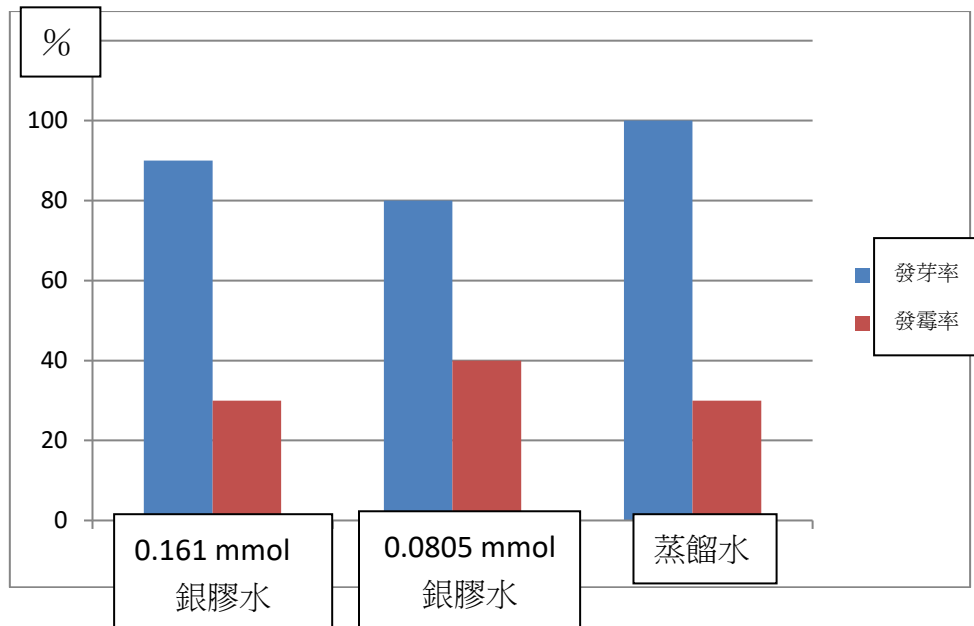
(二) 實驗二：以前面實驗結果中最易發霉的花生和玉米種子做測試，並嘗試縮短種子在銀膠水的浸泡時間

- 1.以電解 2 小時，500 毫升，濃度 0.161 毫莫耳銀膠水，分別用 0.161 毫莫耳銀膠水、0.0805 毫莫耳銀膠水、蒸餾水各 50 毫升，浸泡花生、玉米種子每組各 10 顆 2 小時後，放入滅菌的培養皿，放入 28 度攝氏的培養箱中 72 小時後開始記錄發霉率及發芽率結果如下

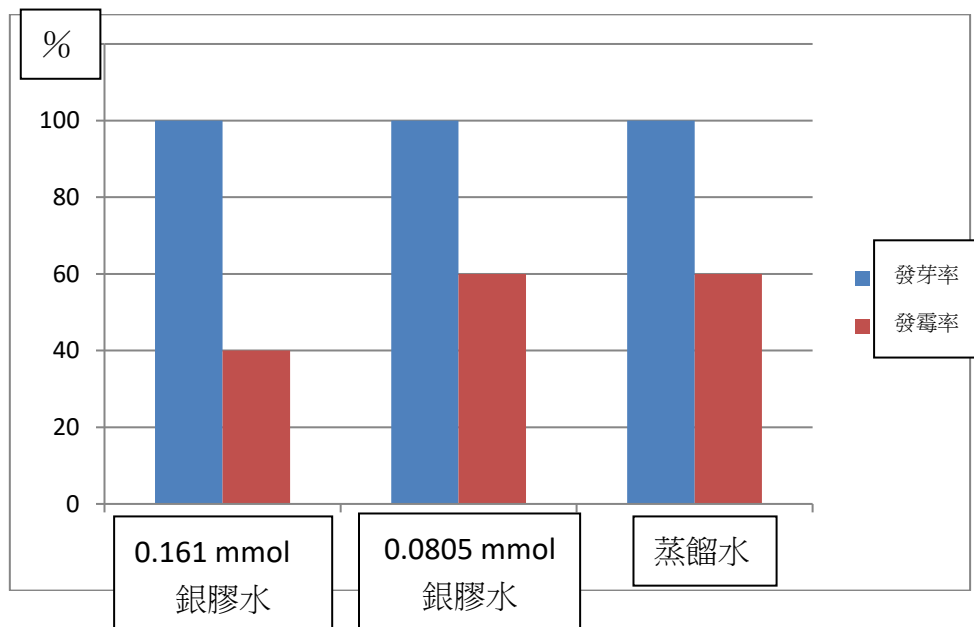
(1) 花生：花生種子在浸泡濃度 0.161 毫莫耳銀膠水的發霉率明顯低於低濃度 (0.0805 毫莫耳) 和蒸餾水，發芽率則不受影響

銀膠水濃度 經過時間	0.161 mmol				0.0805 mmol				蒸餾水			
	發芽數 (顆)	發霉數 (顆)	發芽率 (%)	發霉率 (%)	發芽數 (顆)	發霉數 (顆)	發芽率 (%)	發霉率 (%)	發芽數 (顆)	發霉數 (顆)	發芽率 (%)	發霉率 (%)
7 2 小時	9	3	90	30	8	4	80	40	10	3	100	30
9 6 小時	10	4	100	40	10	6	100	60	10	6	100	60
1 2 0 小時	10	4	100	40	10	9	100	90	10	6	100	60

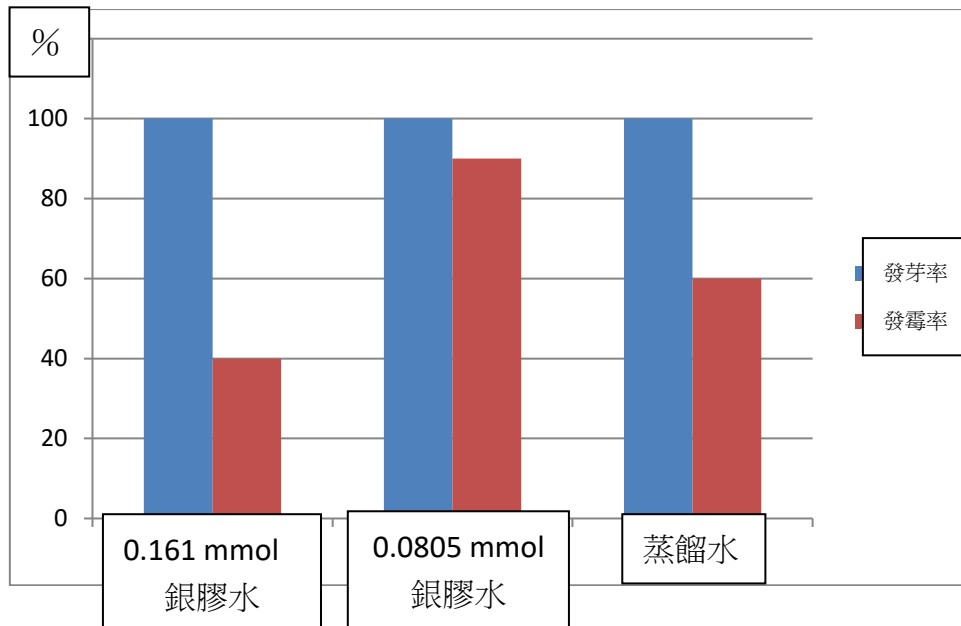
(表二)實驗二中花生種子經過不同時間發芽率與發霉率與銀膠濃度間的關係表



(圖十) 實驗二中經過 72 小時後不同銀膠對花生種子發芽率及發霉率影響圖表



(圖十一) 實驗二中經過 96 小時後不同銀膠對花生種子發芽率及發霉率影響圖表

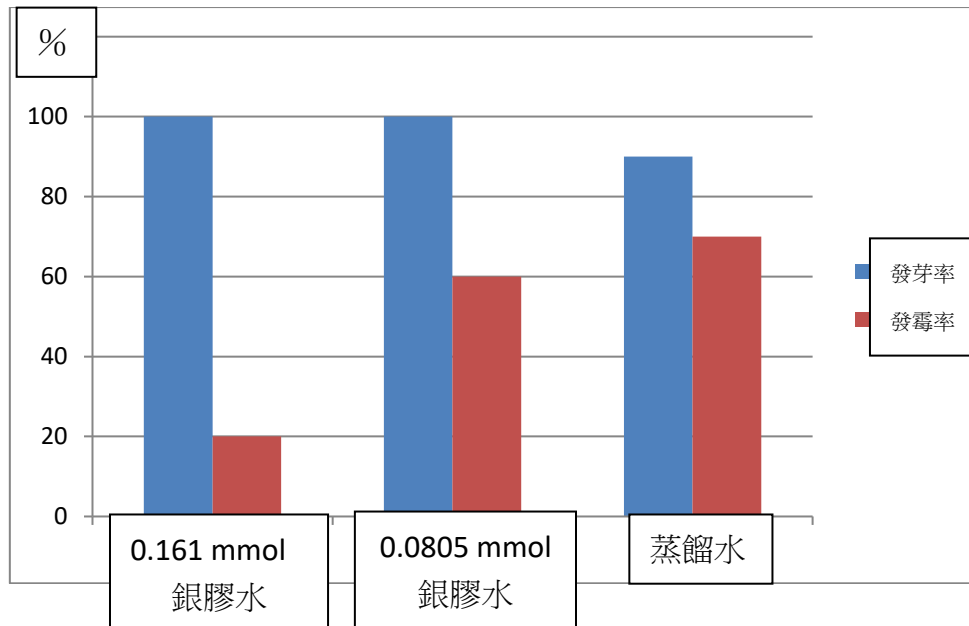


(圖十二)實驗二中經過 120 小時後不同銀膠對花生種子發芽率及發霉率影響圖表

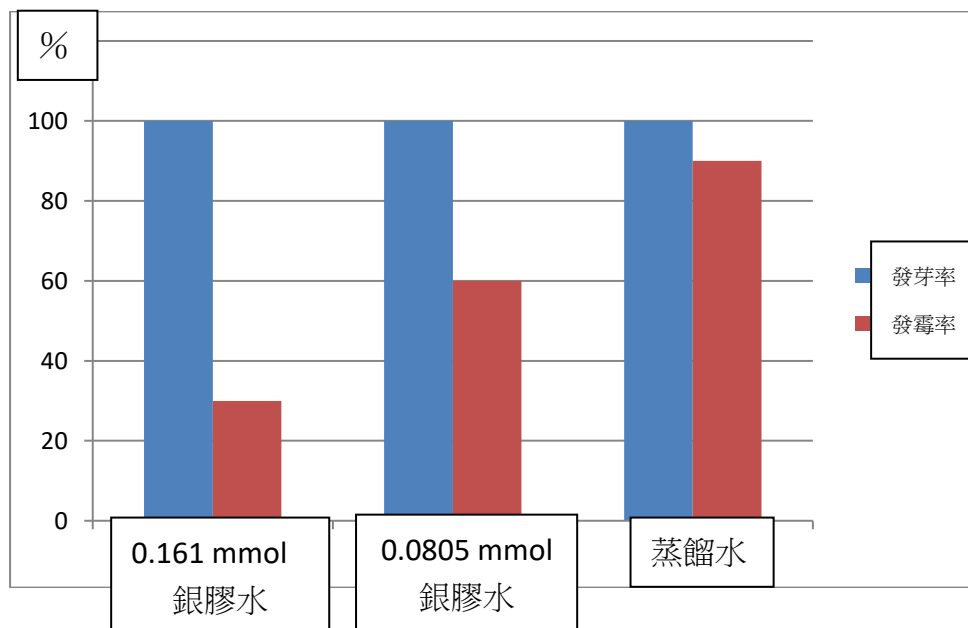
(2) 玉米：實驗結果和預期相同，經過 48 和 72 小時後，浸泡過 0.161 毫莫耳銀膠的玉米種子發霉率較低，發芽率則不受影響

銀膠水濃度 經過時間	0.161 mmol				0.0805 mmol				蒸餾水			
	發芽數 (顆)	發霉數 (顆)	發芽率 (%)	發霉率 (%)	發芽數 (顆)	發霉數 (顆)	發芽率 (%)	發霉率 (%)	發芽數 (顆)	發霉數 (顆)	發芽率 (%)	發霉率 (%)
7 2 小時	10	2	100	20	10	6	100	60	9	7	90	70
9 6 小時	10	3	100	30	10	6	100	60	10	9	100	90
1 2 0 小時	10	3	100	30	10	7	100	70	10	9	100	90

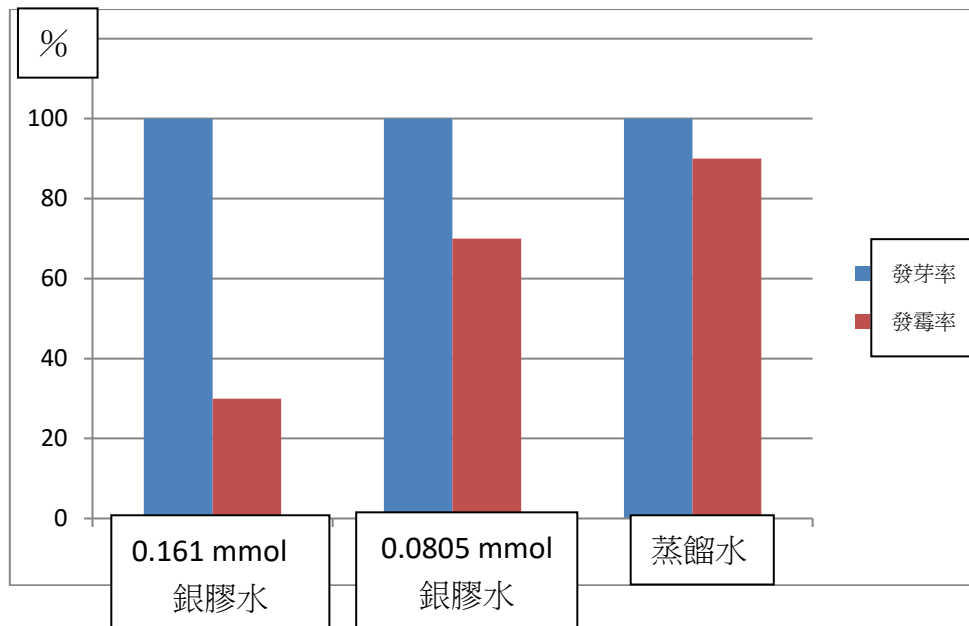
(表三)實驗二中玉米種子經過不同時間發芽率與發霉率與銀膠濃度間的關係表



(圖十三) 實驗二中經過 72 小時後不同銀膠對玉米種子發芽率及發霉率影響圖表



(圖十四) 實驗二中經過 96 小時後不同銀膠對玉米種子發芽率及發霉率影響圖表



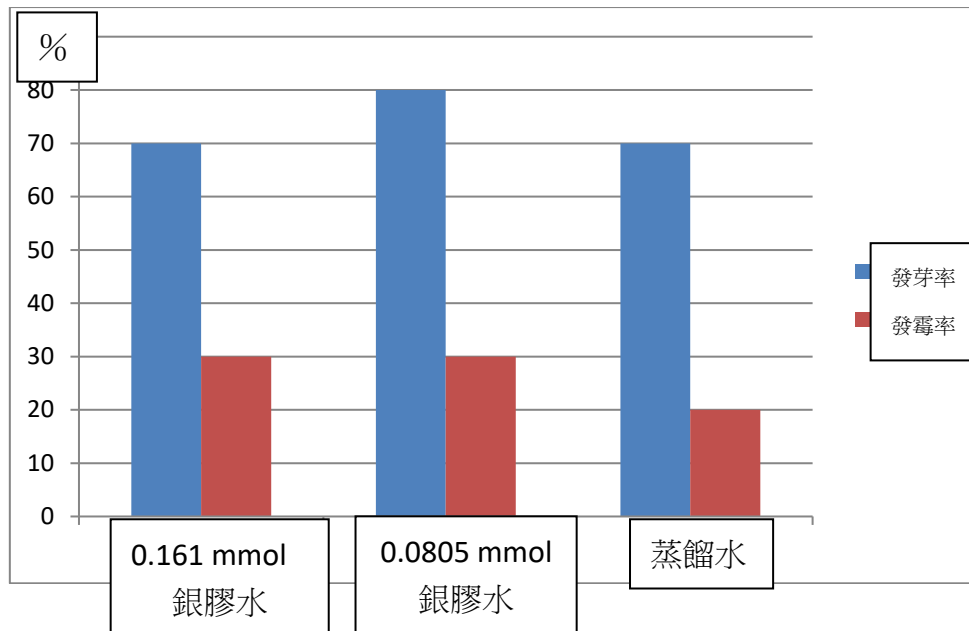
(圖十五)實驗二中經過 120 小時後不同銀膠對玉米種子發芽率及發霉率影響圖表

2.以電解 2 小時，500 毫升，濃度 0.161 毫莫耳銀膠水，分別用 0.161 毫莫耳銀膠水、0.0805 毫莫耳銀膠水、蒸餾水各 50 毫升，泡花生、玉米種子每組各 10 顆 1 小時後，放入滅菌的培養皿，放入 28 度攝氏的培養箱中後記錄發霉率及發芽率結果如下

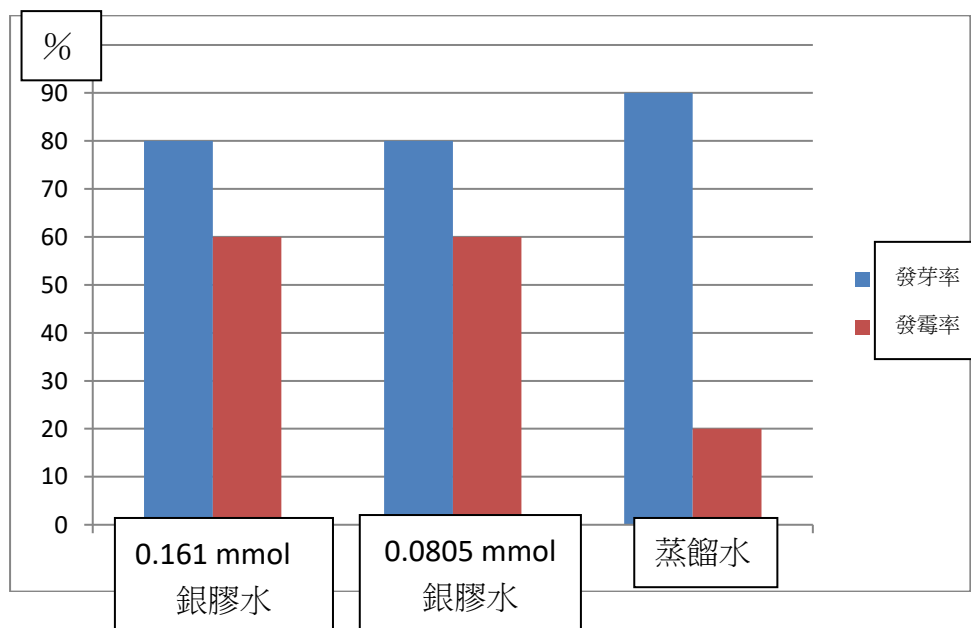
(1) 花生：浸泡高濃度有最佳抑霉效果，但不影響其發芽率

銀膠水濃度 經過時間	0.161 mmol				0.0805 mmol				蒸餾水			
	發芽數 (顆)	發霉數 (顆)	發芽率 (%)	發霉率 (%)	發芽數 (顆)	發霉數 (顆)	發芽率 (%)	發霉率 (%)	發芽數 (顆)	發霉數 (顆)	發芽率 (%)	發霉率 (%)
4 8 小時	7	3	70	30	8	3	80	30	7	2	70	20
7 2 小時	8	6	80	60	8	6	80	60	9	2	90	20
9 6 小時	9	4	90	40	8	7	80	70	9	9	90	90

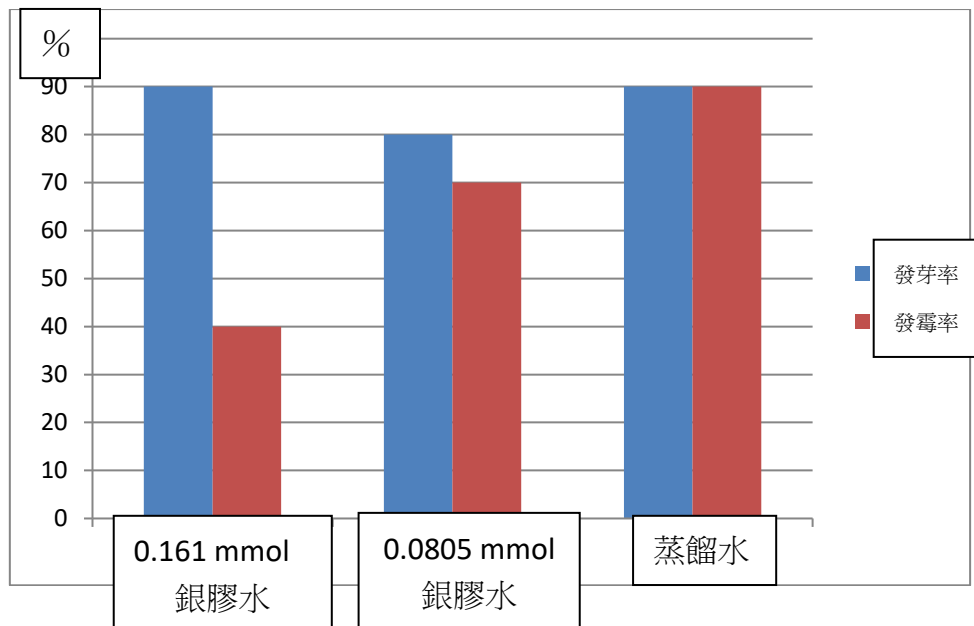
(表四)實驗二中花生種子經過不同時間發芽率與發霉率與銀膠濃度間的關係表



(圖十六) 實驗二中經過 48 小時後不同銀膠對花生種子發芽率及發霉率影響圖表



(圖十七) 實驗二中經過 72 小時後不同銀膠對花生種子發芽率及發霉率影響圖表

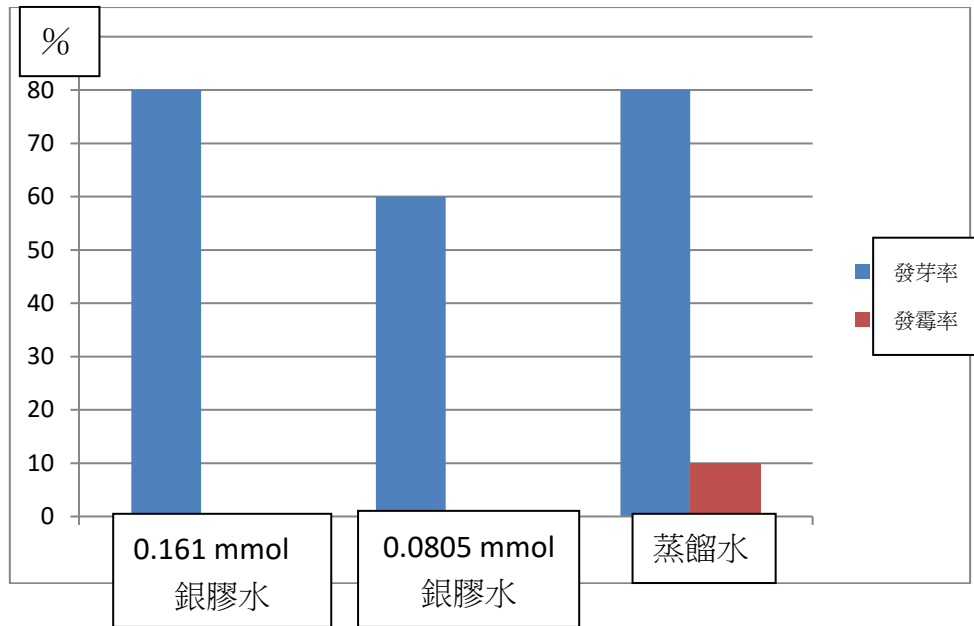


(圖十八) 實驗二中經過 96 小時後不同銀膠對花生種子發芽率及發霉率影響圖表

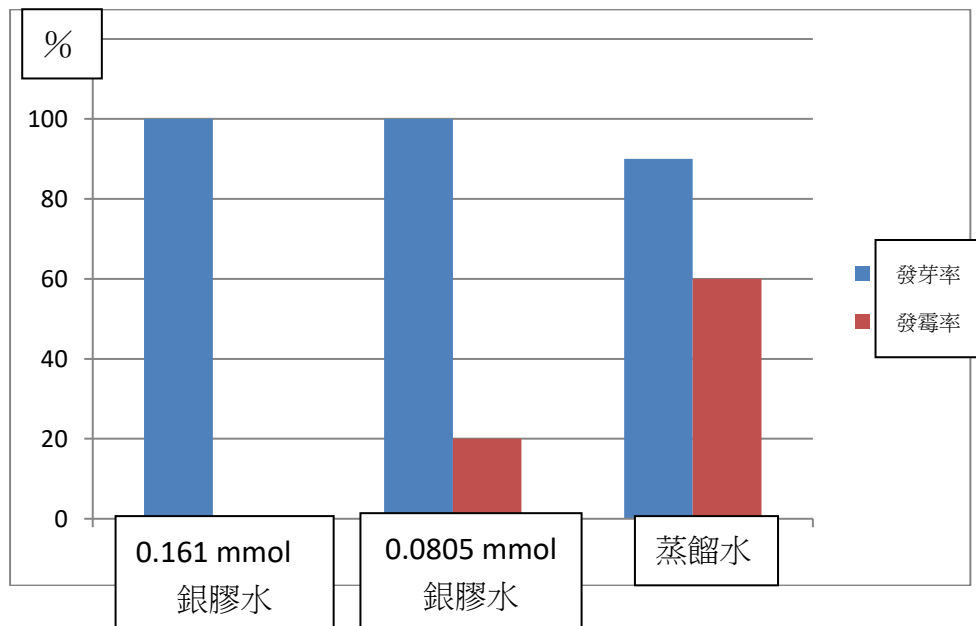
(2) 玉米：高濃度銀膠有效抑霉，且不影響其發芽率

銀膠水濃度 經過時間	0.161 mmol				0.0805 mmol				蒸餾水			
	發芽數 (顆)	發霉數 (顆)	發芽率 (%)	發霉率 (%)	發芽數 (顆)	發霉數 (顆)	發芽率 (%)	發霉率 (%)	發芽數 (顆)	發霉數 (顆)	發芽率 (%)	發霉率 (%)
4 8 小時	8	0	80	0	6	0	60	0	8	1	80	10
7 2 小時	10	0	100	0	10	2	100	20	9	6	90	60
9 6 小時	10	1	100	10	10	2	100	20	9	6	90	60

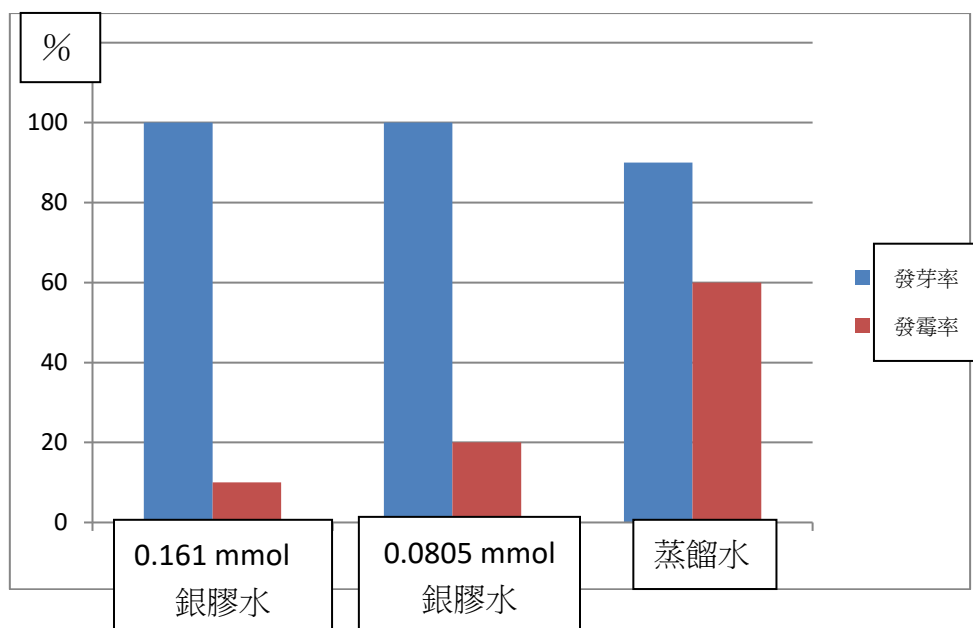
(表五)實驗二中玉米種子經過不同時間發芽率與發霉率與銀膠濃度間的關係表



(圖十九) 實驗二中經過 48 小時後不同銀膠對玉米種子發芽率及發霉率影響圖表



(圖二十) 實驗二中經過 72 小時後不同銀膠對玉米種子發芽率及發霉率影響圖表



(圖二十一) 實驗二中經過 96 小時後不同銀膠對玉米種子發芽率及發霉率影響圖表

柒、討論與應用

- 一、 本實驗證實銀膠水的確可以有效抑制種子發芽時期的發霉現象，並且不會影響植物的發芽率，浸泡的時間可以縮短至 1 小時就可以發揮效果，不過感覺上浸泡 2 小時抑制黴菌的效果較 1 小時為佳，而過度浸泡（24 小時）則可能造成植物的生長不佳（曾經測試過浸泡 24 小時的銀膠水植物生長的情形，只是因為面臨環境劇烈變化，植物最後均不幸夭折），不過因為時間關係無法以進一步的實驗證實，未來應進一步測試浸泡時間的抑霉效應，以及浸泡時間對植物生長的影響。
- 二、 本實驗使用的銀膠水，可以在短期間內沒有保護劑保護下發揮效用。而且依照自製銀膠的經驗，最穩定的 500 毫升電解 2 小時的平均濃度大約為 0.1631 毫莫耳，消耗銀絲平均重量為 0.0088 克，依實驗使用的純度 99.9% 10 公分銀絲購入時價格為 600 元，淨重量平均約為 0.22 克，即製作一次銀膠所消耗的銀絲價格約為 24 元，相對於市售銀膠價格實惠，未來將朝研究如何在家自製穩定性更好的銀膠水水努力，以期推廣應用在一般家庭消毒以及農業上的使用。
- 三、 雖本次實驗製作銀膠的方法需使用 30 V 電壓，但經測量後其電阻極大、電流極小，即使在家自行製作與應用其安全面疑慮並不大。
- 四、 未來希望可以製作出氧化還原法的銀奈米粒子，來和本實驗方法製作的銀膠水比較其穩定與效用，或許可以找出更好的自製銀膠水的方法。

捌、結論

- 一、由實驗（一）結果可得知，銀膠水的確可以有效抑制種子發芽時期的發霉現象；而且可由實驗（二）結果可得知，植物種子在短時間（1 小時）經由銀膠浸泡後，就可以有效抑霉，且不會大幅影響植物的發芽率。
- 二、本實驗使用的銀膠水，理論上可以在短期間內（4 天內）沒有保護劑保護下發揮效用。

玖、參考資料

- 一、呂晃志（2007）。*揭開抗菌、防腐的神奇面紗—奈米銀（Nano Silver）*。2007 年 12 月 1 日，取自逢甲大學奈米科技研究中心，奈米科學網網址
<http://www.foryou8888.com/static/website/53/53211/files/%E5%A5%88%E7%B1%B3%E9%8A%80.pdf>
- 二、南台科技大學知識分享平台〔南台知識分享平台〕（2009）。奈米微粒的化學特性。2009 年 12 月，網址
http://eshare.stust.edu.tw/EshareFile/2009_12/2009_12_e110aeaa.pdf
- 三、田德之（2009）電弧放電製備膠體銀中之銀離子之研究。（博士論文，國立臺北科技大學，2009）*國立臺北科技大學機構典藏平台*
- 四、分享點滴生活（2017）蔬菜種子防病處理有妙招，這幾種常用方法要記牢。2017 年 8 月 2 號，Q 博士網址 <https://www.pixpo.net/post182620>

【評語】 052103

1. 以電解法製備銀懸浮粒子溶液，用不同的濃度研究對種子生長的影響，得知以高濃度銀懸浮粒子溶液浸泡花生及玉米種子，在發芽過程中可以抑制黴菌生長，具有良好的探究精神。
2. 膠體銀是已經具有殺菌能力的物質，研究結果在科學應用上創新處稍顯不足。
3. 本研究偏向表徵現象的觀察，日後宜增加探討抑制發霉機制的生理研究。

摘要

本研究嘗試用銀作為兩電極於水中電解形成的膠體銀（Silver Colloid）做為主要研究對象，經實驗發現以500毫升蒸餾水+20 μ l生理食鹽水（0.95%NaCl）、使用30 V電壓電解2小時產生的膠體銀濃度是最穩定。使用不同濃度的膠體銀探討對植物發芽時產生的黴菌以及後續植物生長的影響。經由實驗後發現，濃度高的銀膠水在浸泡植物種子（花生、玉米）1個小時即可以有效的抑制發芽時期黴菌的生長。

研究動機

在上生物課時，老師為了介紹種子的萌發生長過程，帶了好幾種植物種子（如：玉米、花生、豌豆等）給我們種植，但在萌發的過程，我發現有不少種子因發霉而無法順利萌發。原來是因為許多植物種子發芽時會因本身含水量及養分豐富等原因而容易發霉，對於植物栽種造成很大的不便。經由觀察及搜尋資料後，我發現銀的奈米粒子可以用來抑制細菌及真菌的生長，因此我想嘗試以自製膠體銀的作法來嘗試解決種子萌發時產生的發霉現象，增高植物種子的萌發率。

研究目的

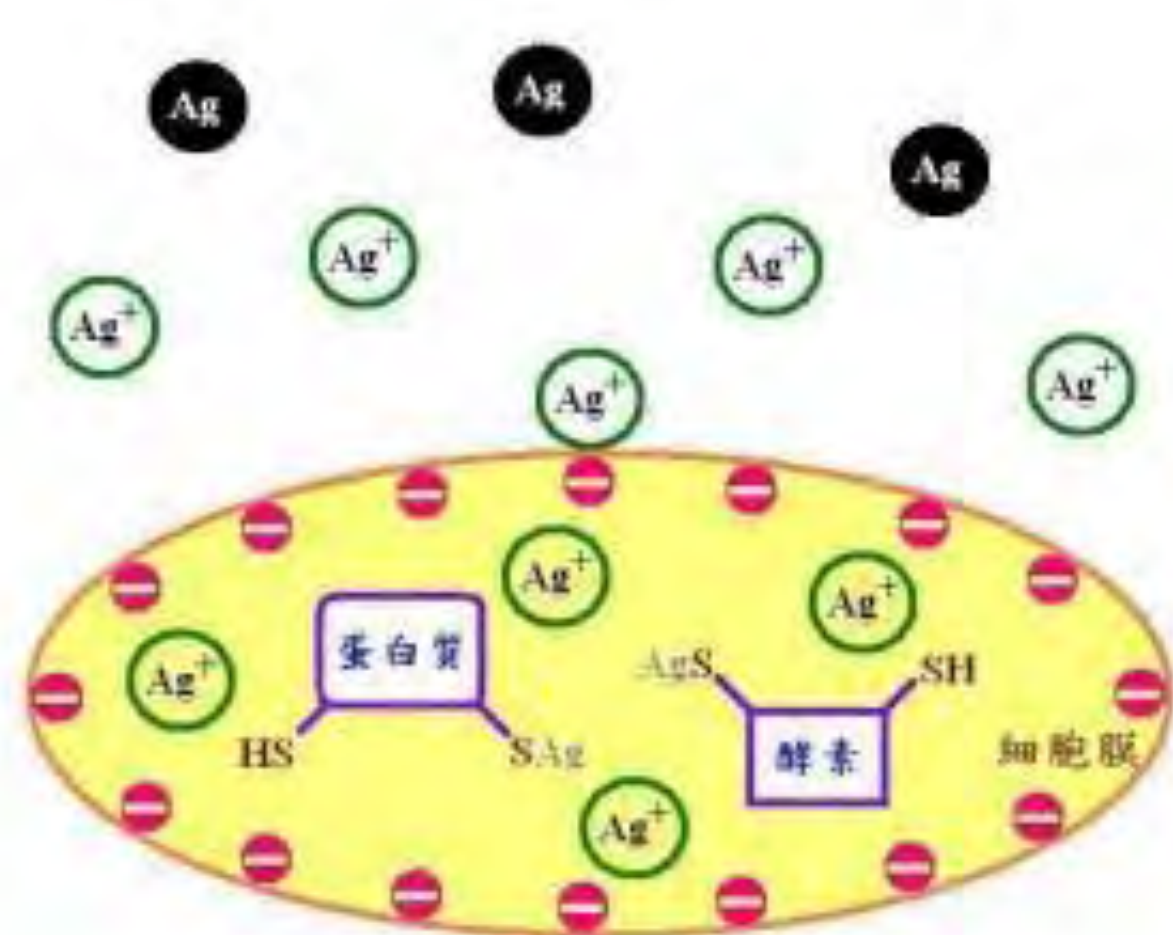
- 一、設計出最適合自製膠體銀的方法
- 二、找出最適合抑制植物種子發霉的膠體銀濃度
- 三、改變種子浸泡膠體銀的時間，找出抑制黴菌生長的最短浸泡時間

文獻探討

市面上的「奈米銀」，簡單來說，就是將金屬銀進行奈米化，處理後的銀顆粒粒徑只要 $< 100\text{ nm}$ ，即可稱為奈米銀。目前要得到高均一性的奈米銀粒子，多採用化學還原的方法，將還原劑加入銀離子溶液中，使離子獲得電子而還原成金屬粒子，再配合上適當的保護劑及懸浮分散劑，避免團聚現象產生。

當合成的銀奈米粒子尺寸小於 100 nm 時，就可以在懸浮分散液的作用下，得到穩定分散的懸浮液體，而保護劑的作用則為抑制銀粒子相互凝聚而變大，因此奈米級的銀粒子便能在液體中產生布朗運動，一段時間內不會有明顯的團聚現象產生。

在奈米銀的定性分析上，最常見的方法是透過紫外光-可見光光譜儀進行全波長掃描，從光譜上可見奈米銀水溶液在波長 410 nm 附近有特定的光譜吸收峰，這是因為奈米銀的粒徑遠小於入射光波長，表面電子受到入射光的激發，引起溶液中所有奈米銀粒子共同進行偶極震盪行為，造成其表面電子偏極化，稱做「表面電漿共振」。



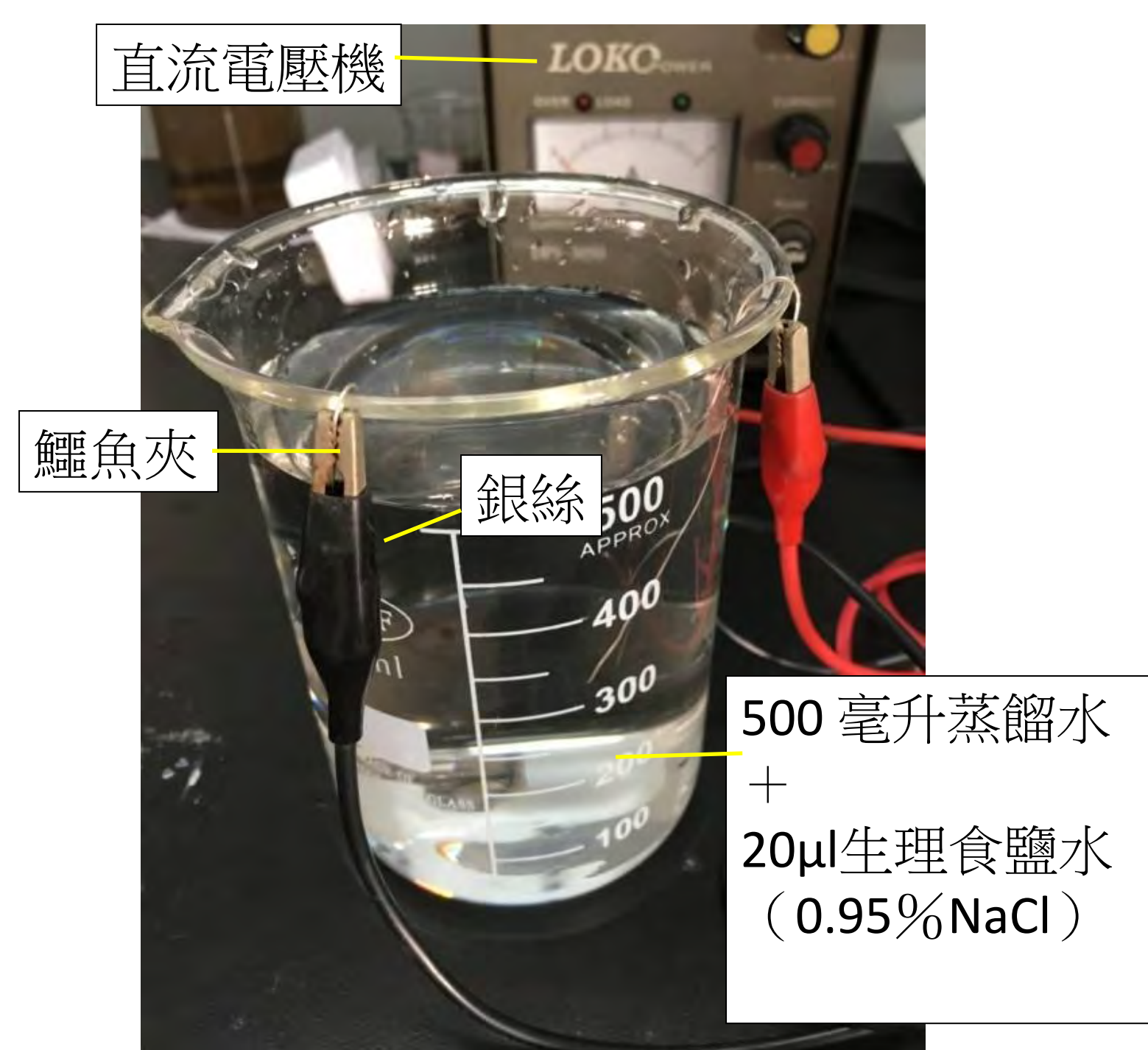
奈米銀的抗菌原理主要是奈米化的銀顆粒在潮濕環境中會釋出正電荷的銀離子，當正電荷銀離子接觸到帶負電荷的細菌細胞後，會因銀離子與蛋白質上的硫醇基的特異性結合作用力，有效的刺穿細胞壁和細胞膜外表，進一步讓細菌細胞因蛋白質變性，而無法代謝、呼吸、和繁殖，直到死亡，達到滅菌的效果。

奈米銀的抗菌效用類似觸媒，在穿透細胞壁後，便會逐步破壞菌體的新陳代謝反應，最後導致菌體死亡並完全消失，同時不會產生抗藥性反應。

以往的滅菌方法有以下幾種，利用甲殼素本身帶的正電荷，對細菌／黴菌孢子等具有吸附特性，因此，可以有效抑制病原菌的孳生；泡溫水使部分病原菌在經過高溫處理後死亡；利用甲醛、多菌靈等本性可以殺死大多數病原菌及其孢子的藥劑處理後再栽種；波爾多液（硫酸銅和生石灰）中含有大量膠體顆粒，有良好的黏附性能，可以在水果上形成薄膜保護層，防止菌類侵入。且波爾多液會緩慢釋放出銅離子，銅離子可以影響真菌孢子里的酶，阻止孢子發芽；強氧化劑如漂白水 and 錳酸鉀能使微生物的蛋白質變質，分解出新生氧來殺死細菌，且有效殺滅真菌及病毒；或是利用食鹽水使其縮水致死等。

研究設備及器材

- 一、直流電壓機1台，鱷魚夾2個
- 二、500毫升容量瓶1個，500毫升燒杯1個
- 三、銀絲10公分2段
- 四、微量吸管 20~200 微升1個
- 五、生理食鹽水0.95%、蒸餾水
- 六、紫外光-可見光 分光光度計
- 七、接種環1支
- 八、培養皿數個
- 九、恆溫培養箱



研究過程及方法

一、自行製作銀膠水

- (一) 用500毫升容量瓶量取500、1000毫升蒸餾水，放入500、1000毫升燒杯中備用
- (二) 用微量吸管吸取0.95%生理食鹽水，加入20 μ l至步驟一的蒸餾水中
- (三) 分別以兩段10公分的銀絲做為兩極（先以微量天平測量），用直流電供應以30V電解不同時間（1小時、2小時、3小時）以製作不同濃度的銀膠水
- (四) 分析銀膠水的濃度與成分
- (五) 放入烘箱以125度攝氏乾燥銀絲後，秤銀絲減少的重量以計算膠體銀濃度
- (六) 以廷得耳效應觀察銀膠水是否製作成功
- (七) 以可見/紫外光分光光度計分析各波長吸光度

二、測試膠體銀對植物種子發芽率的影響

- (一) 先以清水沖洗種子，以去除種子表面的微生物、孢子
- (二) 用不同濃度銀膠水泡不同植物種子24、1、2小時後，放在有棉花的培養皿（已滅菌）上移至28度攝氏培養箱中培養2~5天後，觀察種子發芽及發霉情形

三、測試膠體銀對植物後續生長的影響

- (一) 將過程（二）的種子放入培養土中培養，觀察其生長情形

研究結果

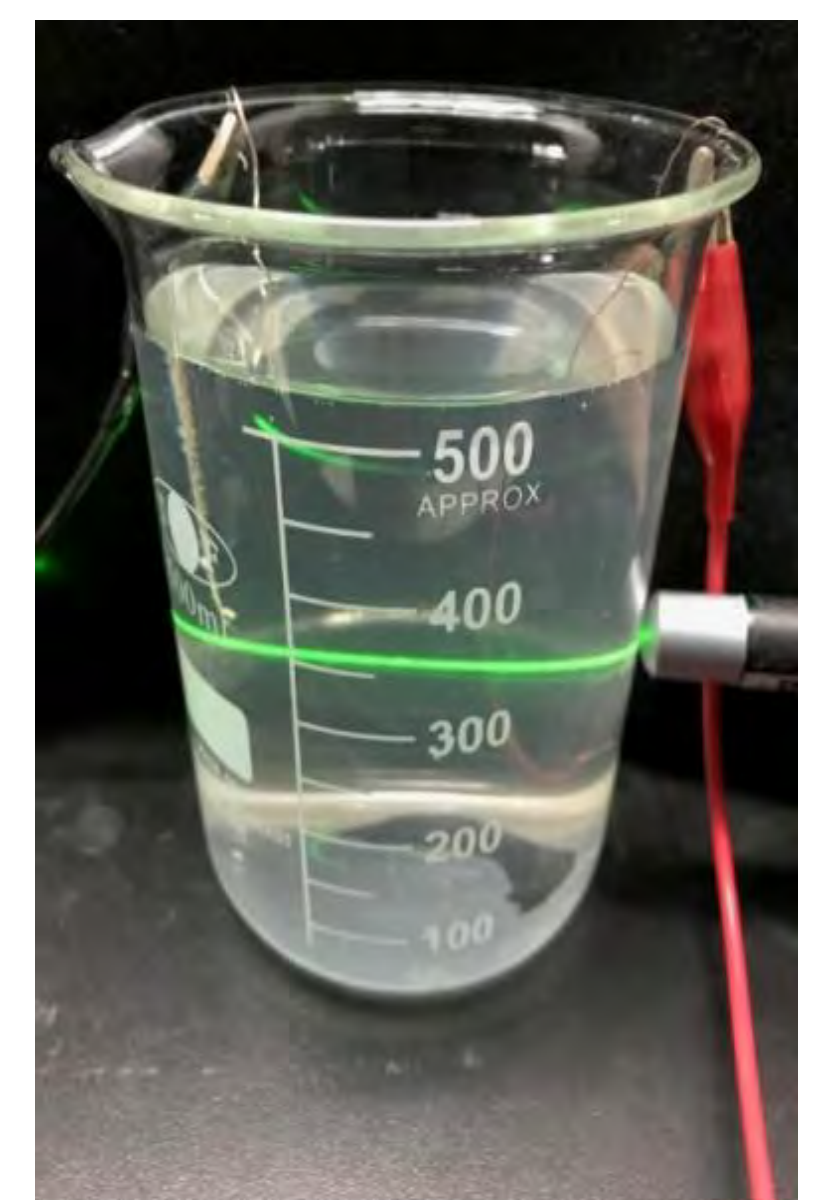
一、銀膠水的製作

（一）自製不同濃度的膠體銀

1. 以1000毫升蒸餾水，使用30 V電壓分別電解銀絲1、2、3小時，經過重複製作後發現其濃度極為不穩定，決定嘗試減少蒸餾水來製作
2. 以500毫升蒸餾水，使用30 V電壓分別電解1、2、3小時，經過計算及實際觀察發現電解3小時的銀膠雖有最高濃度，但製作後燒杯底有大量的銀附著，而電解2小時的銀膠雖有少許沉澱，但經過多次重複製作，發現電解2小時的銀膠濃度是最穩定的

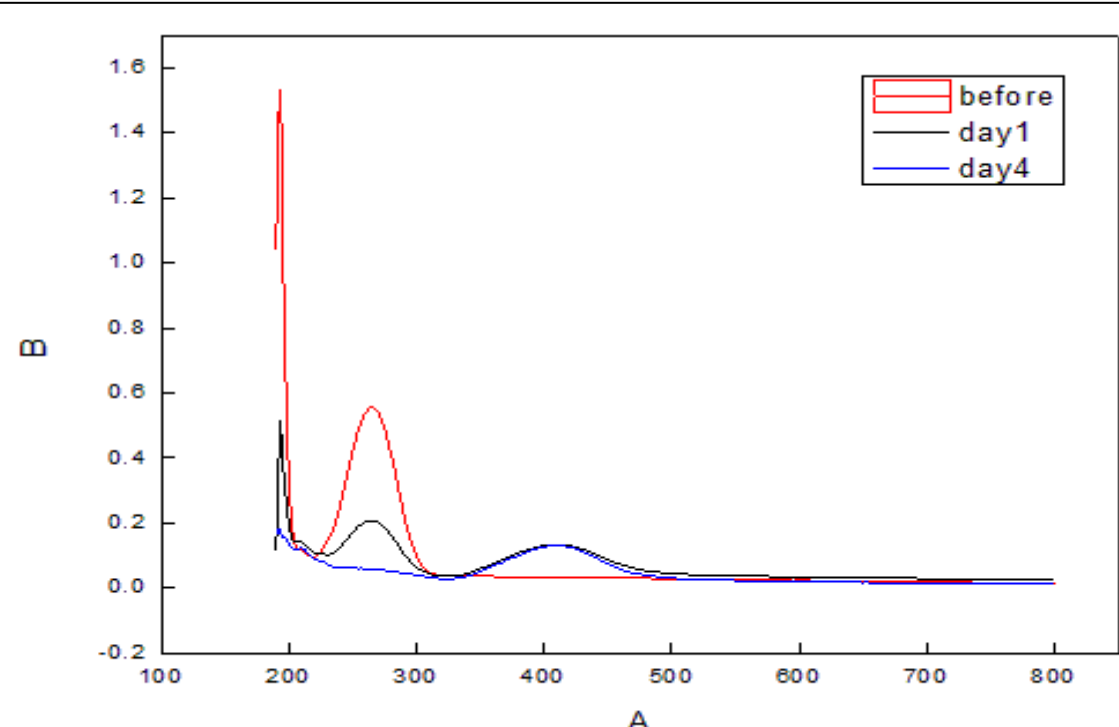
銀膠製作完畢圖，肉眼可見溶液由無色透明變成淡黃色

製作完畢的銀膠呈現廷得耳效應



銀膠的UV光吸收度

（橫軸為光波長，單位為奈米；縱軸為光吸收度）



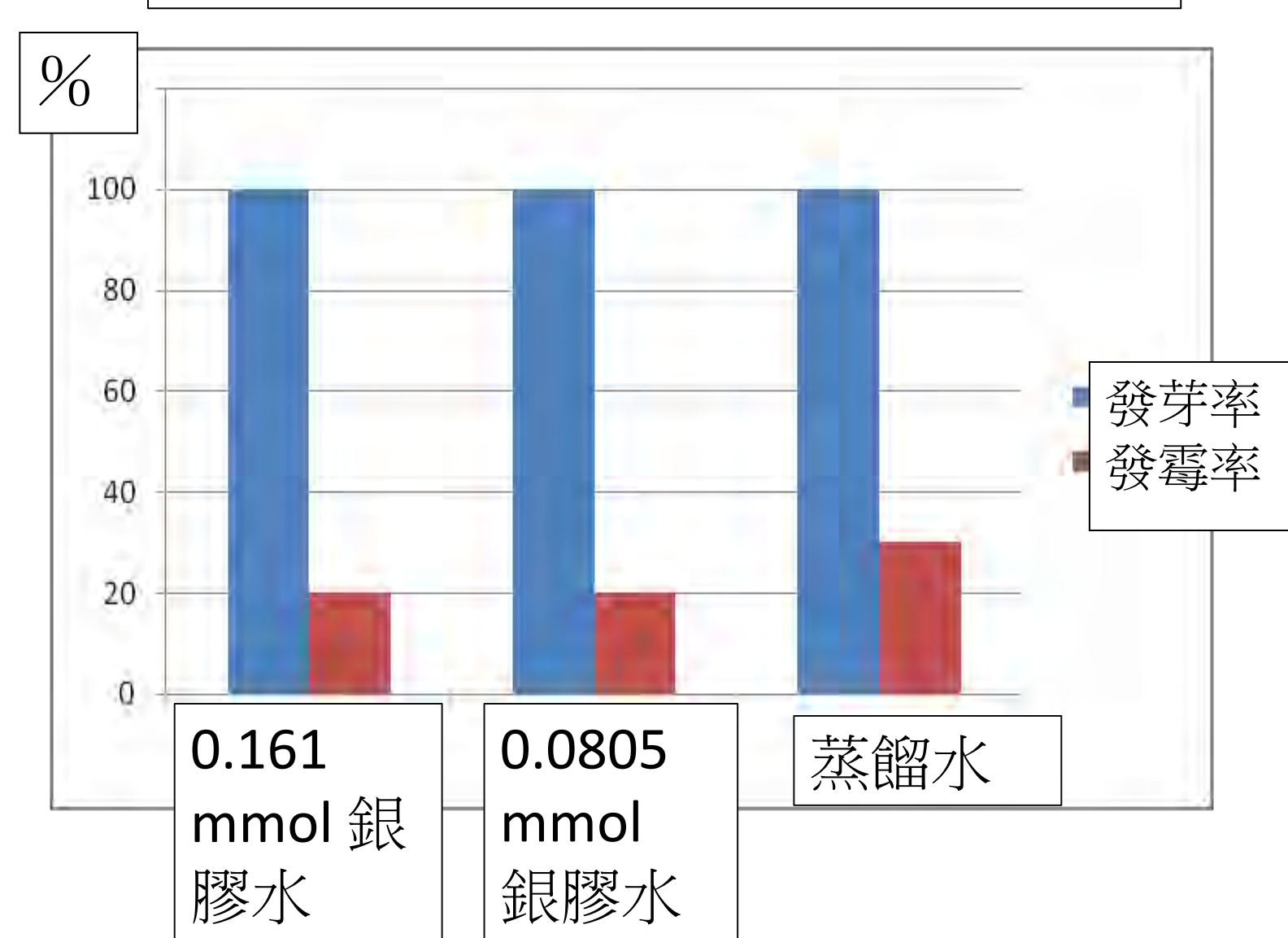
（二）分析銀膠水的濃度與成分

1. 以雷射筆測試的結果，皆可呈現廷得耳效應
2. 銀膠在短時間內雖會群聚，但不影響其效用，詳見左圖
雖然經過四天，其吸光度波峰有右移現象，但仍在410 nm內（即其粒徑仍在奈米銀定義中的100 nm內），證實了實驗中所使用的銀膠可在短時間不添加保護劑的情況下，可以保持其效用

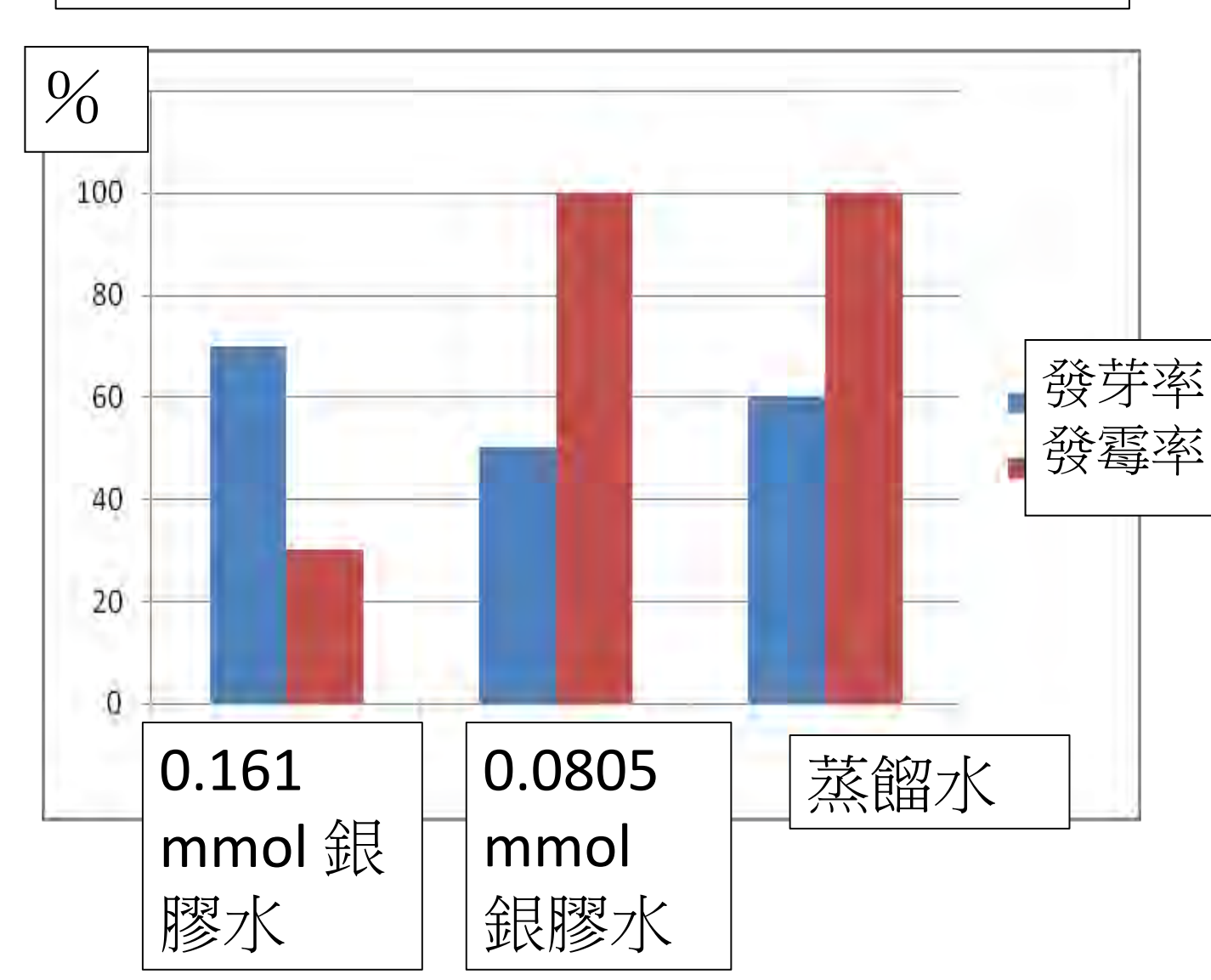
二、測試膠體銀對植物種子發芽率的影響

- (一) 實驗一：以電解2小時，500毫升，濃度0.161毫莫耳銀膠水，分別用0.161毫莫耳銀膠水、0.0805毫莫耳銀膠水、蒸餾水各50毫升，浸泡豌豆、小麥、花生、玉米種子每組各10顆24小時後，放入滅菌的培養皿，放入28度攝氏的培養箱中，五天後記錄發霉率及發芽率結果如下（小麥種子不易發霉，在此不做討論）

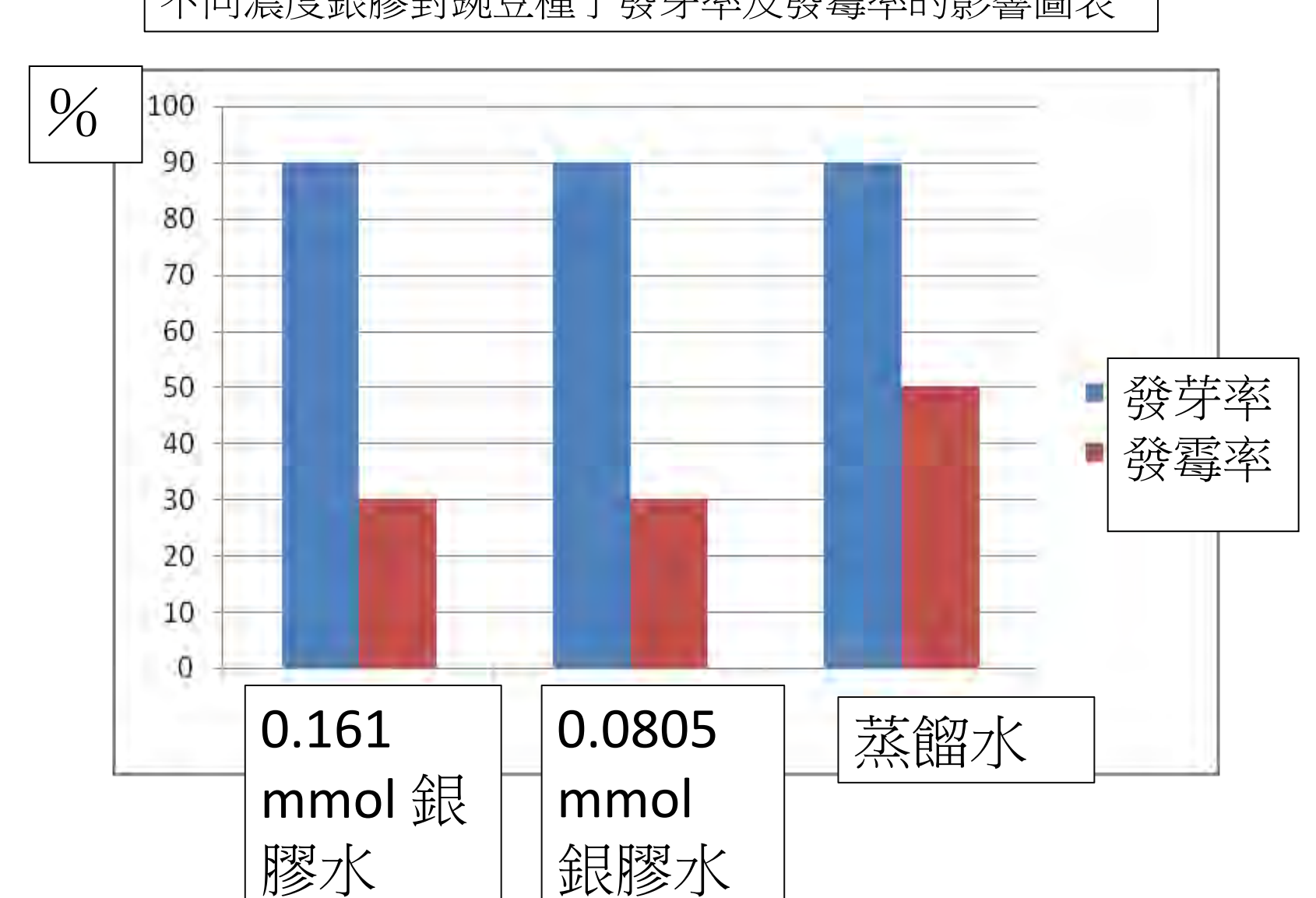
不同銀膠濃度對玉米種子發芽率及發霉率影響圖表



不同銀膠濃度對花生種子發霉率即發芽率影響圖表



不同濃度銀膠對豌豆種子發芽率及發霉率的影響圖表

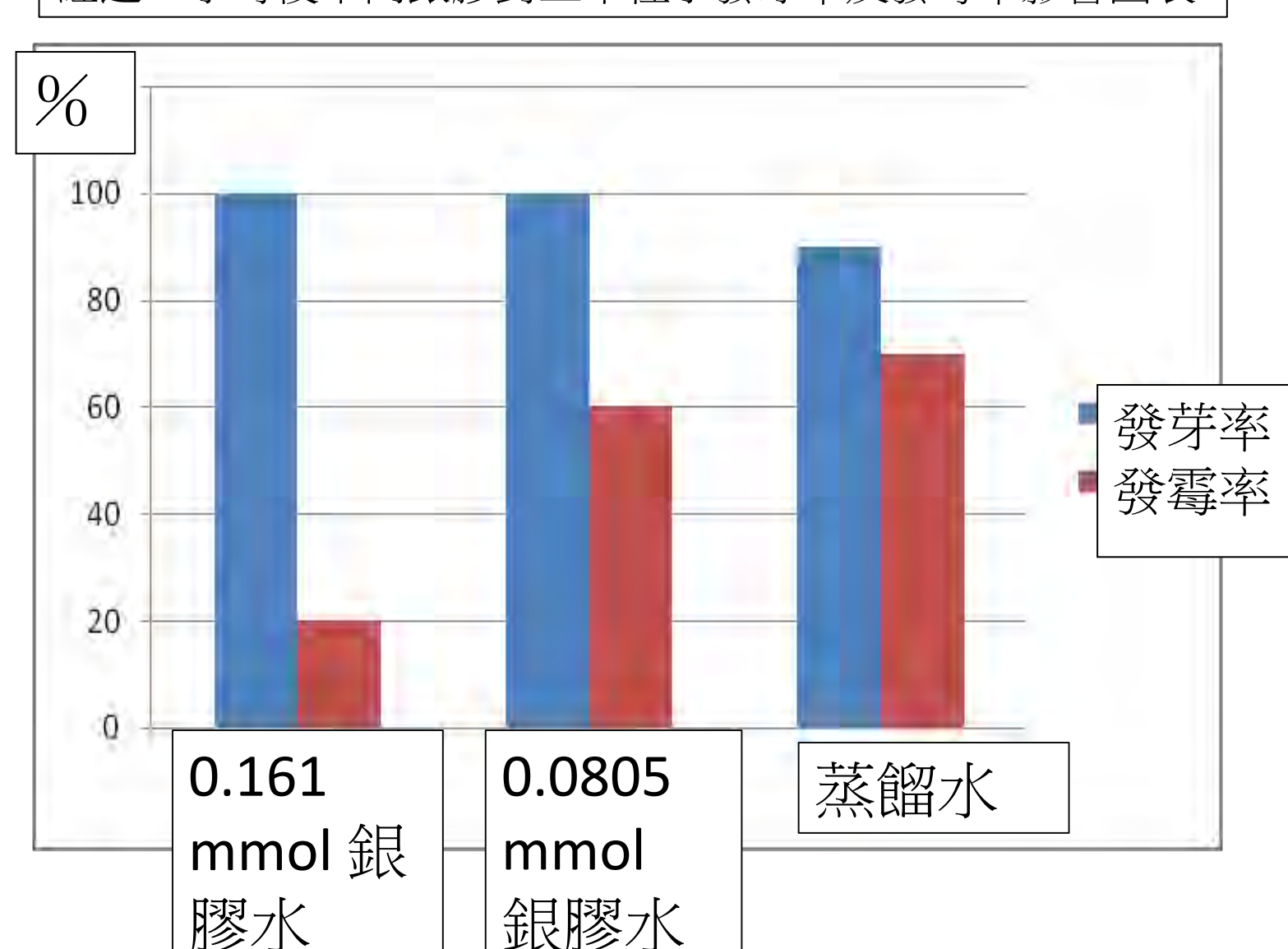


- (二) 實驗二：以前面實驗結果中最易發霉的花生和玉米種子做測試，並嘗試縮短種子在銀膠水的浸泡時間

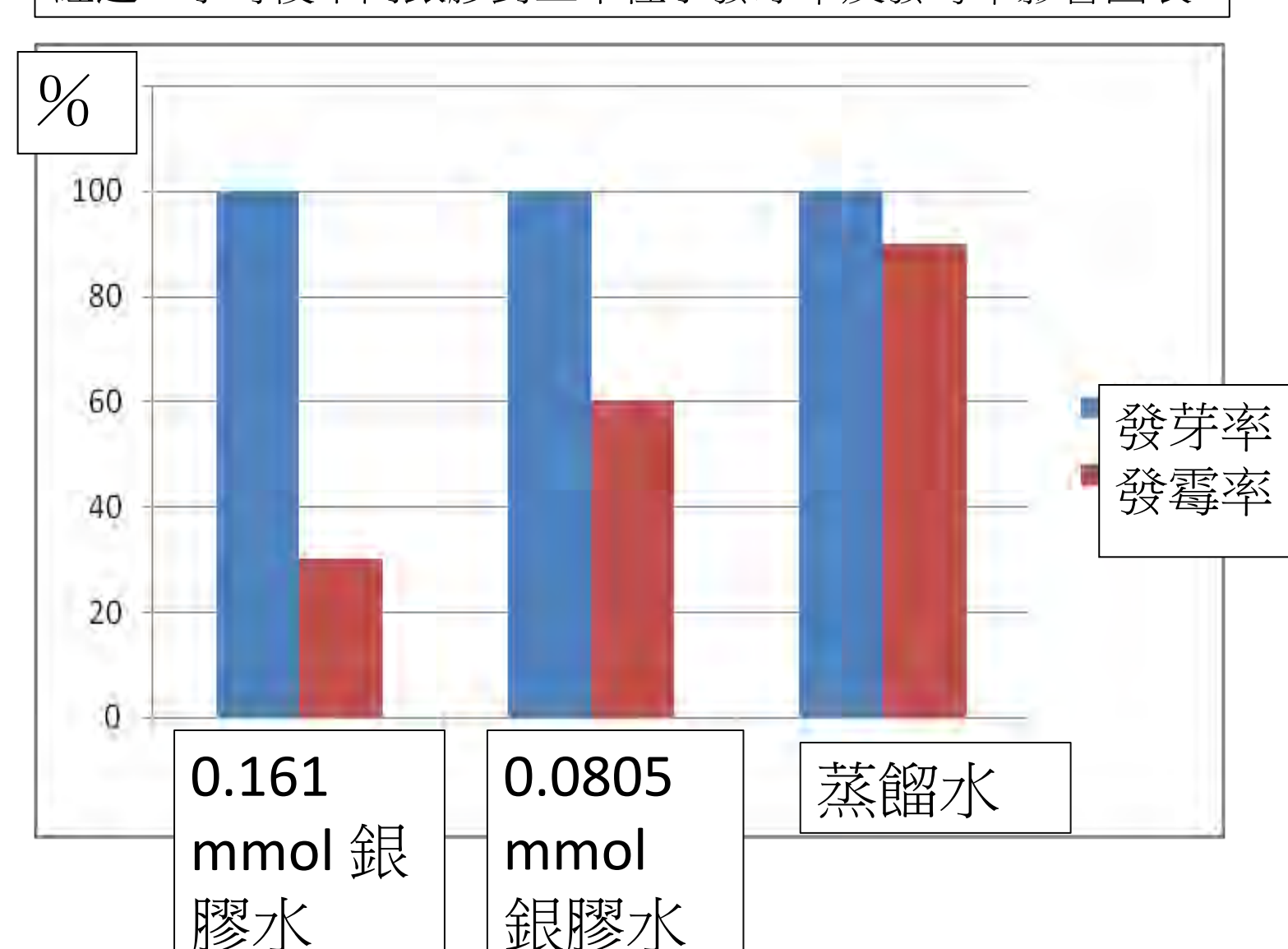
1. 以電解2小時，500毫升，濃度0.161毫莫耳銀膠水，分別用0.161毫莫耳銀膠水、0.0805毫莫耳銀膠水、蒸餾水各50毫升，浸泡花生、玉米種子每組各10顆2小時後，放入滅菌的培養皿，放入28度攝氏的培養箱中三天後開始記錄發霉率及發芽率結果如下

- (1) 玉米：實驗結果和預期相同，經過48和72小時後，浸泡過0.161毫莫耳銀膠的玉米種子發霉率較低，發芽率則不受影響

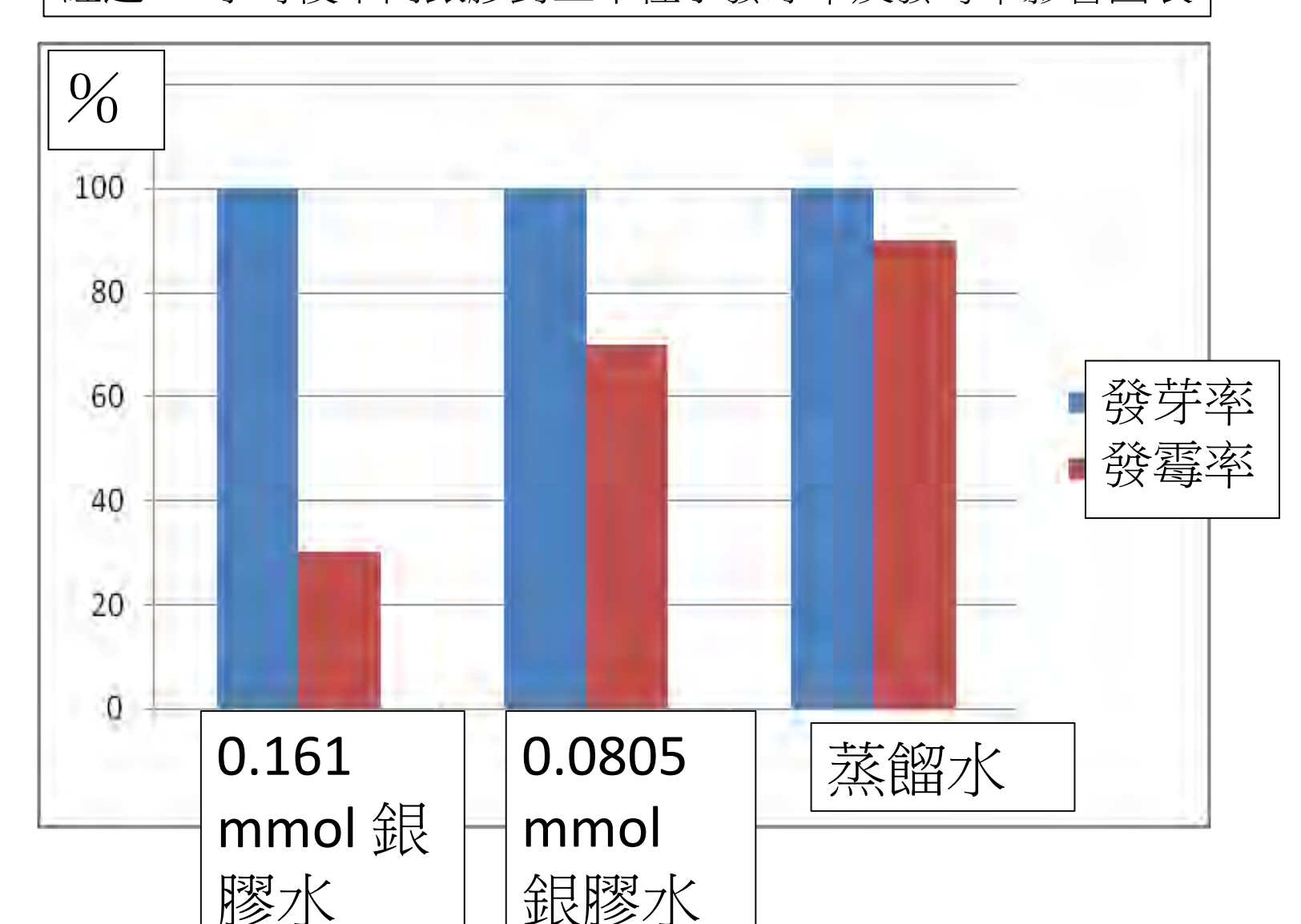
經過72小時後不同銀膠對玉米種子發芽率及發霉率影響圖表



經過96小時後不同銀膠對玉米種子發芽率及發霉率影響圖表

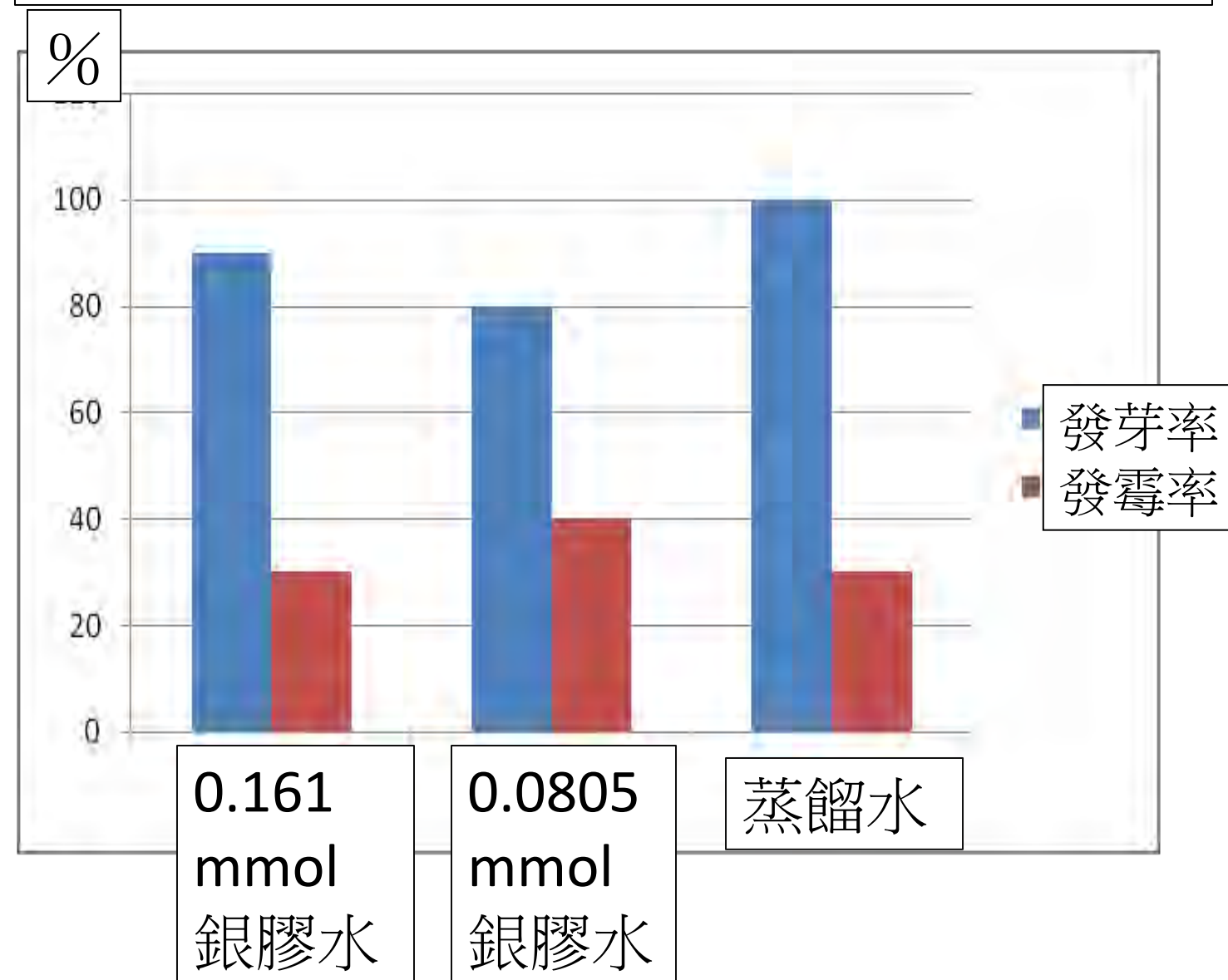


經過120小時後不同銀膠對玉米種子發芽率及發霉率影響圖表

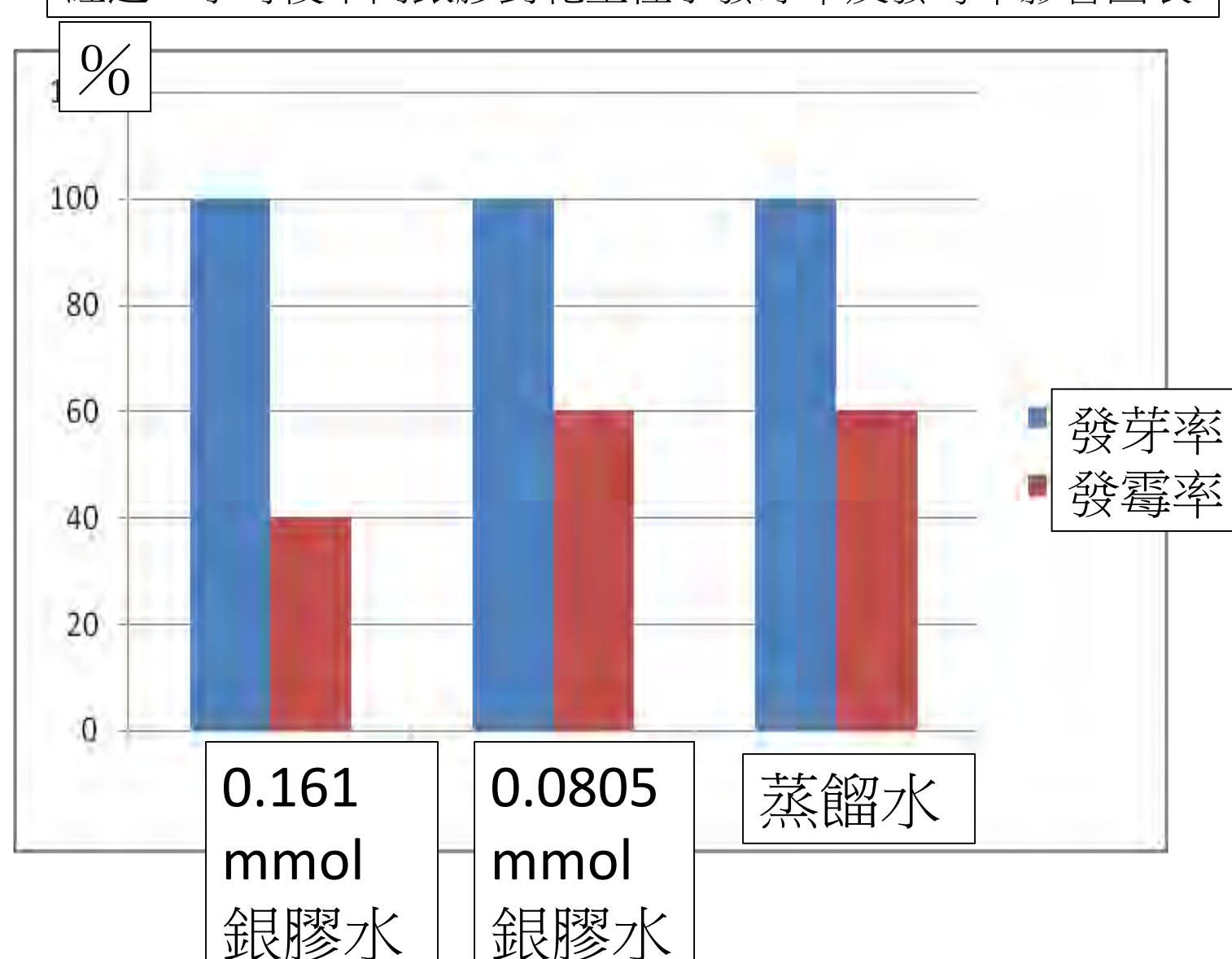


(2) 花生：花生種子在浸泡濃度0.161毫莫耳銀膠水的發霉率明顯低於低濃度（0.0805毫莫耳）和蒸餾水，發芽率則不受影響

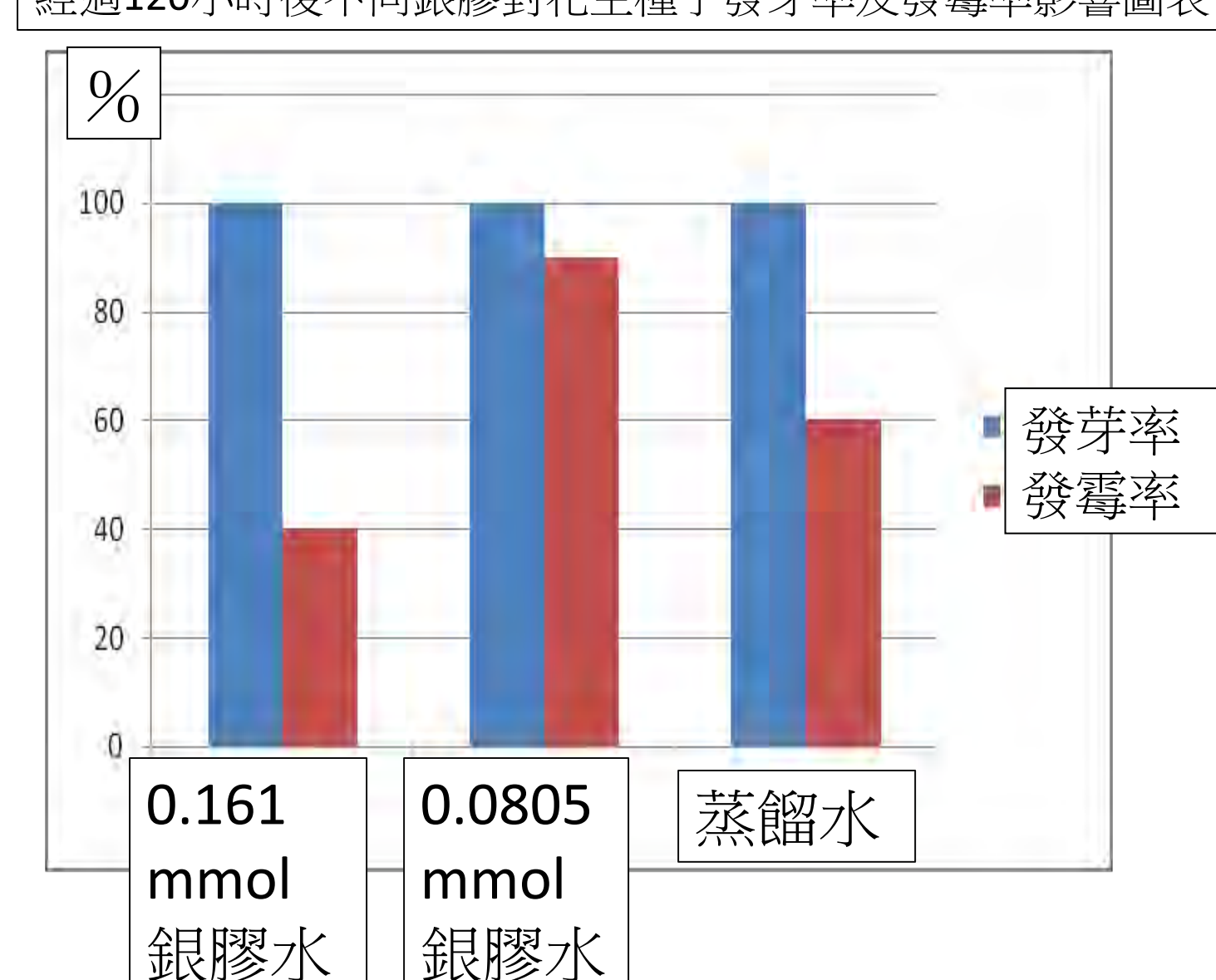
經過72小時後不同銀膠對花生種子發芽率及發霉率影響圖表



經過96小時後不同銀膠對花生種子發芽率及發霉率影響圖表



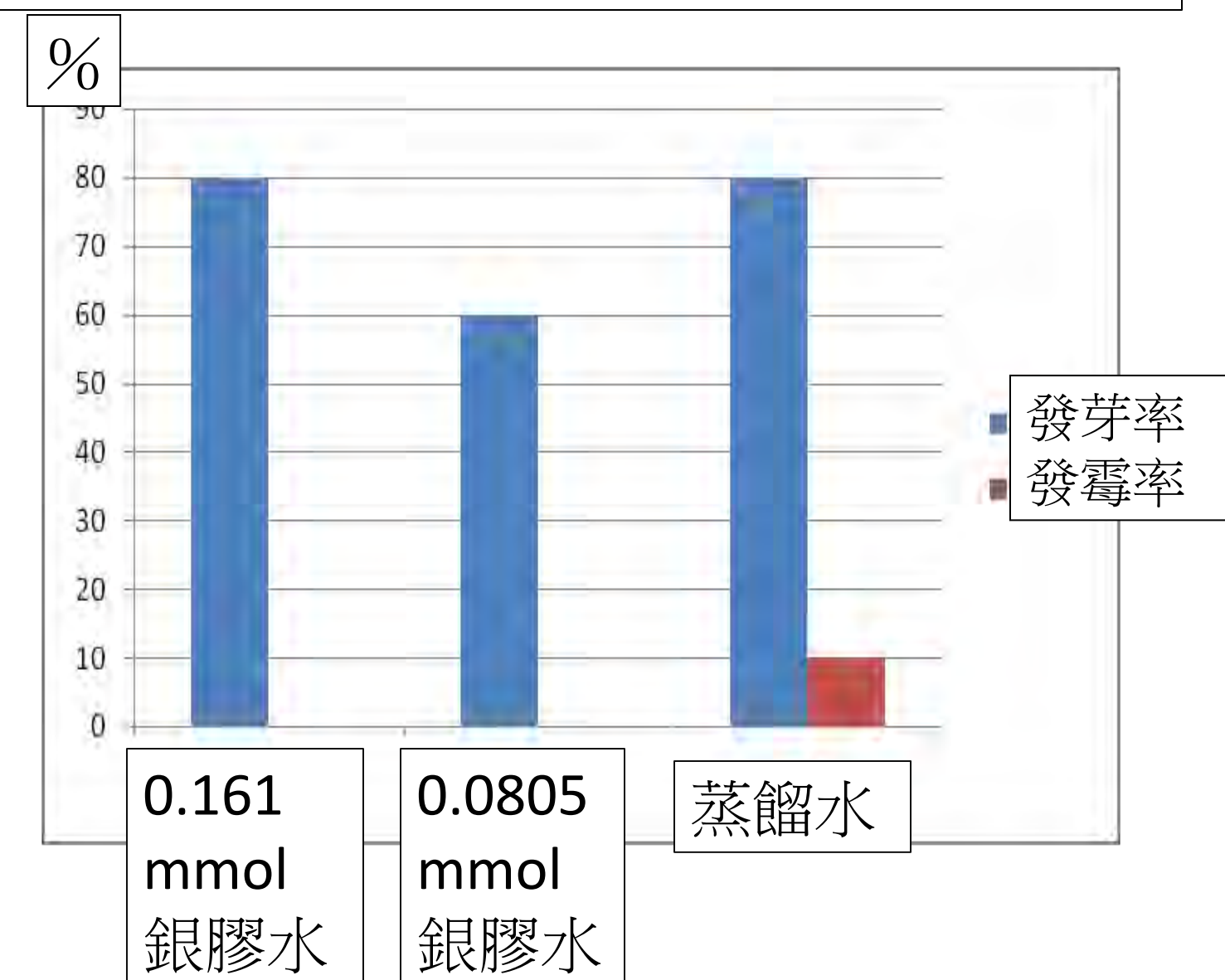
經過120小時後不同銀膠對花生種子發芽率及發霉率影響圖表



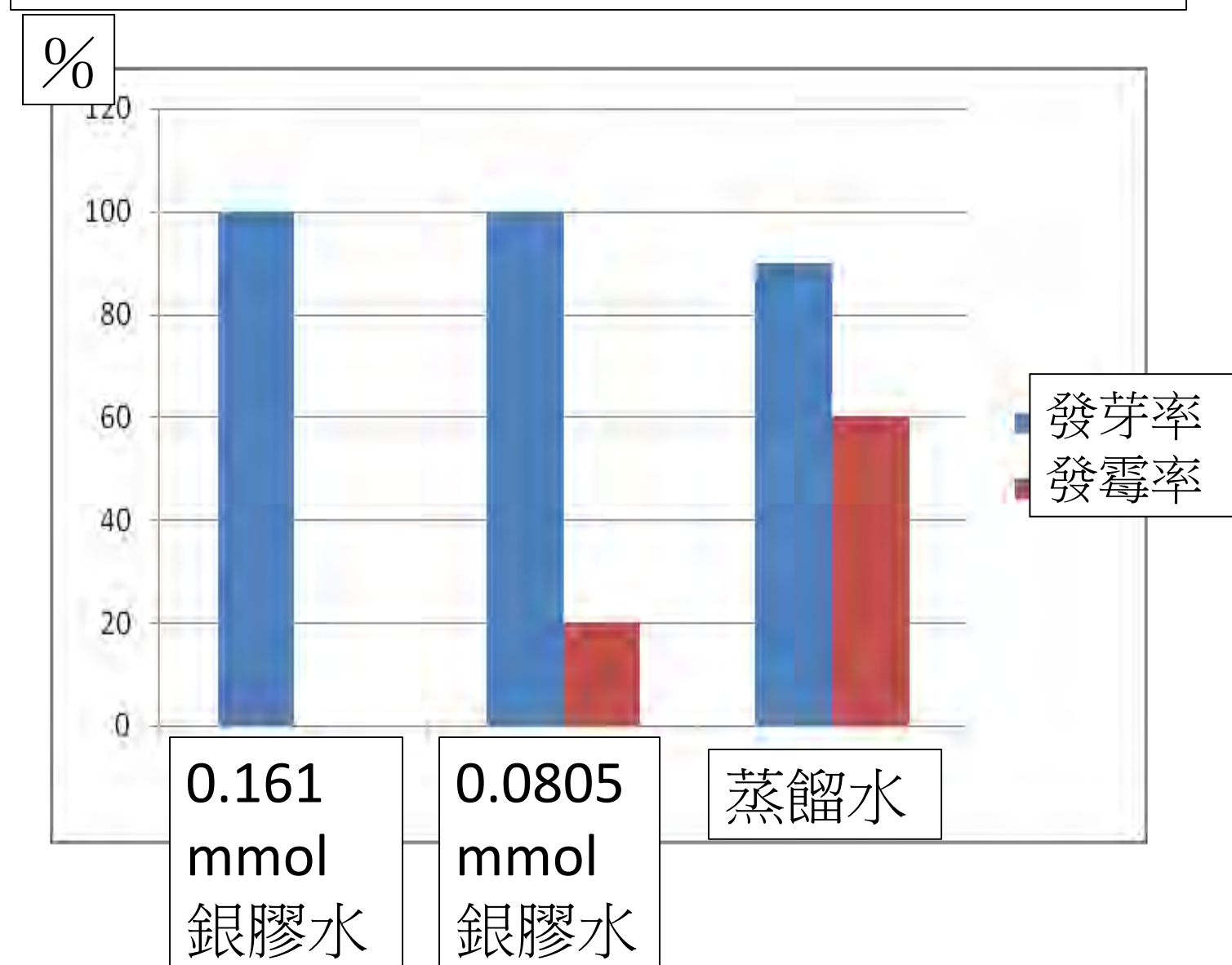
2. 以電解2小時，500毫升，濃度0.161毫莫耳銀膠水，分別用0.161毫莫耳銀膠水、0.0805毫莫耳銀膠水、蒸餾水各50毫升，泡花生、玉米種子每組各10顆1小時後，放入滅菌的培養皿，放入28度攝氏的培養箱中後記錄發霉率及發芽率結果如下

(1) 玉米：高濃度銀膠有效抑霉，且不影響其發芽率

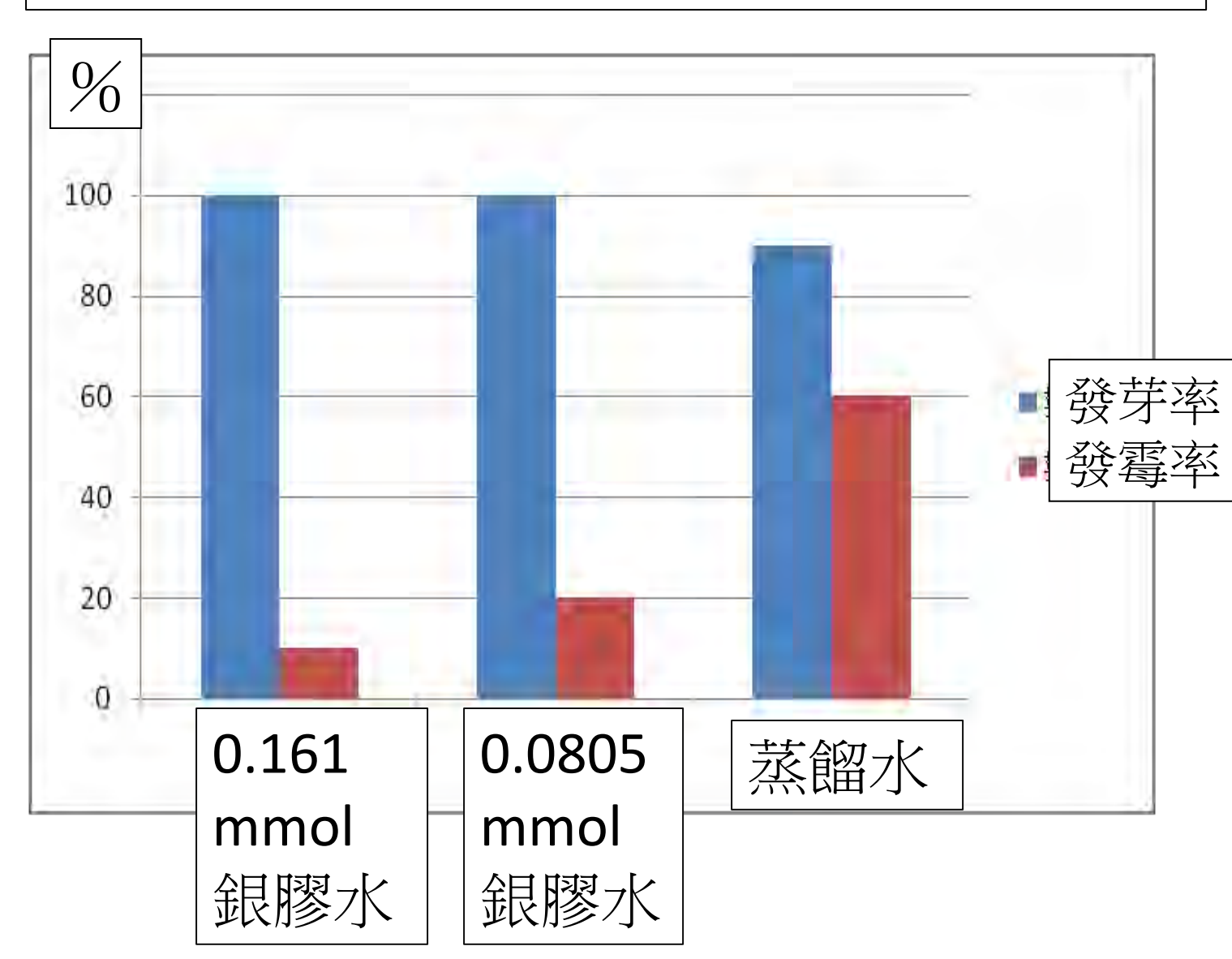
經過48小時後不同銀膠對花生種子發芽率及發霉率影響圖表



經過72小時後不同銀膠對花生種子發芽率及發霉率影響圖表

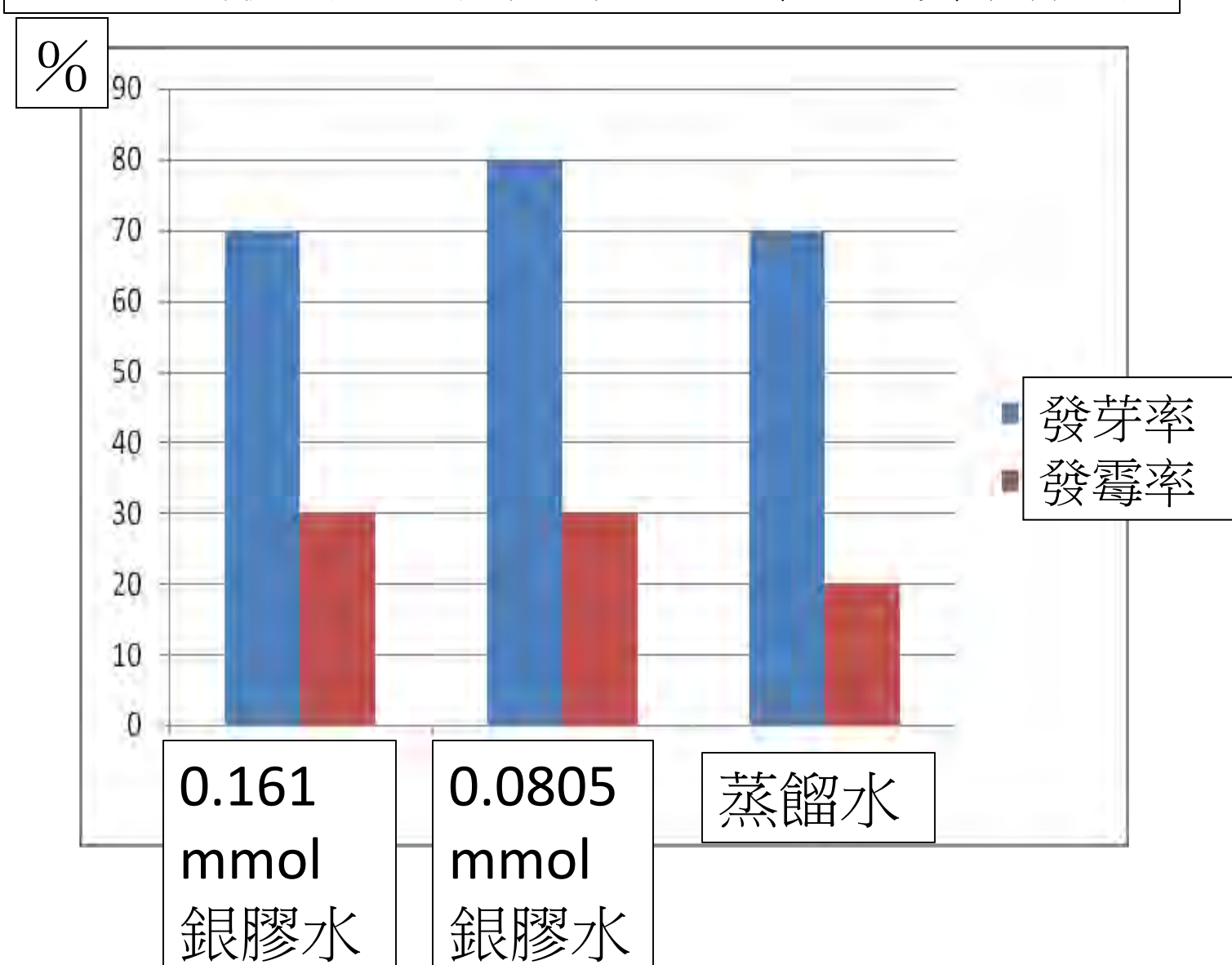


經過96小時後不同銀膠對花生種子發芽率及發霉率影響圖表

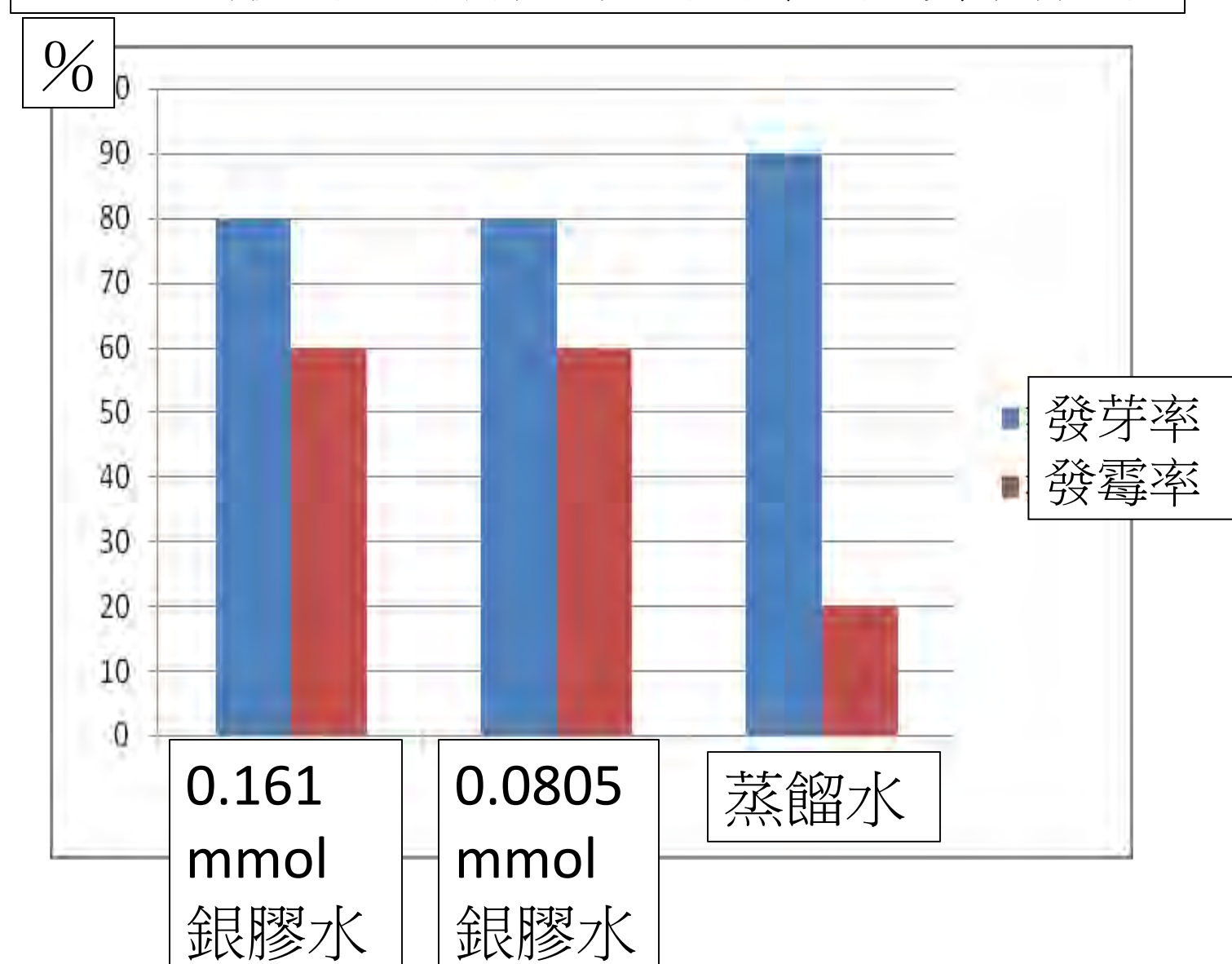


(2) 花生：和玉米相同，高濃度銀膠有效抑霉，且不影響其發芽率

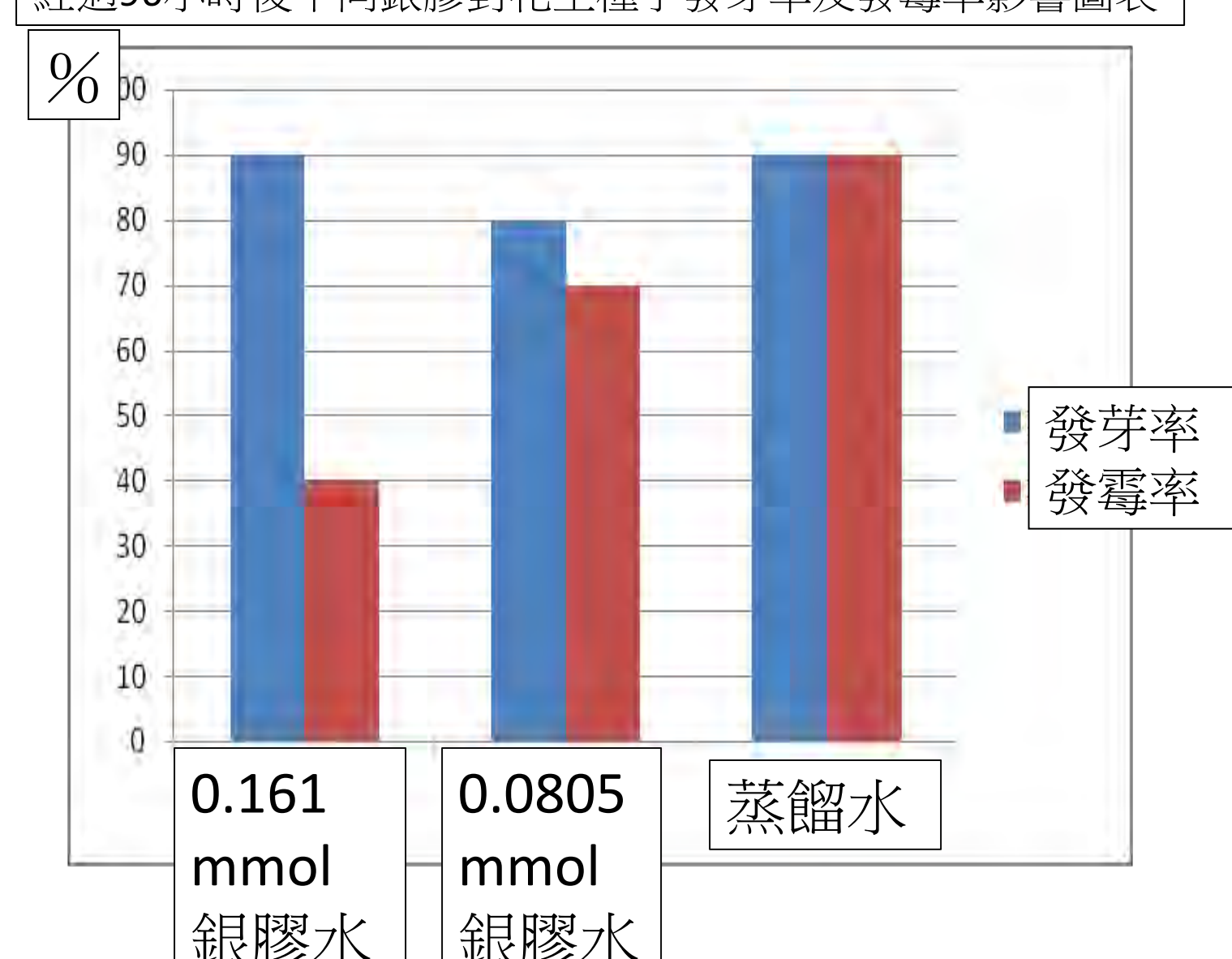
經過48小時後不同銀膠對花生種子發芽率及發霉率影響圖表



經過72小時後不同銀膠對花生種子發芽率及發霉率影響圖表



經過96小時後不同銀膠對花生種子發芽率及發霉率影響圖表



討論與應用

- 一、本實驗證實銀膠水的確可以有效抑制種子發芽時期的發霉現象，並且不會影響植物的發芽率，浸泡的時間可以縮短至1小時就可以發揮效果，不過感覺上浸泡2小時抑制黴菌的效果較1小時為佳，而過度浸泡（24小時）則可能造成植物的生長不佳（曾經測試過浸泡24小時的銀膠水植物生長的情形，只是因為面臨環境劇烈變化，植物最後均不幸夭折），不過因為時間關係無法以進一步的實驗證實，未來應進一步測試浸泡時間的抑霉效應，以及浸泡時間對植物生長的影響。
- 二、本實驗使用的銀膠水，可以在短期間內沒有保護劑保護下發揮效用。而且依照自製銀膠的經驗，最穩定的500毫升電解2小時的平均濃度大約為0.1631毫莫耳，消耗銀絲平均重量為0.0088克，依實驗使用的純度99.9% 10公分銀絲購入時價格為600元，淨重量平均約為0.22克，即製作一次銀膠所消耗的銀絲價格約為24元，相對於市售銀膠價格實惠，未來將朝研究如何在家自製穩定性更好的銀膠水水努力，以期推廣應用在一般家庭消毒以及農業上的使用。
- 三、雖本次實驗製作銀膠的方法需使用30 V電壓，但經測量後其電阻極大、電流極小，即使在家自行製作與應用其安全面疑慮並不大。
- 四、未來希望可以製作出氧化還原法的銀奈米粒子，來和本實驗方法製作的銀膠水比較其穩定與效用，或許可以找出更好的自製銀膠水的方法。

結論

- 一、由實驗（一）結果可得知，銀膠水的確可以有效抑制種子發芽時期的發霉現象；且可由實驗（二）結果得知，植物種子在短時間（1小時）經由銀膠浸泡後，就可以有效抑霉，且不會大幅影響植物的發芽率。
- 二、本實驗使用的銀膠水，理論上可以在短期間內（4天內）沒有保護劑保護下發揮效用。

參考資料

- 一、呂晃志（2007）。揭開抗菌、防腐的神奇面紗-奈米銀（Nano Silver）。2007年12月1日，取自逢甲大學奈米科技研究中心，奈米科學網網址 <http://www.foryou8888.com/static/website/53/53211/files/%E5%A5%88%E7%B1%B3%E9%8A%80.pdf>
- 二、南台科技大學知識分享平台〔南台知識分享平台〕（2009）。奈米微粒的化學特性。2009年12月，網址 http://eshare.stust.edu.tw/EshareFile/2009_12/2009_12_e110aeaa.pdf
- 三、田德之（2009）電弧放電製備膠體銀中之銀離子之研究。（博士論文，國立臺北科技大學，2009）
國立臺北科技大學機構典藏平台
- 四、分享點滴生活（2017）蔬菜種子防病處理有妙招，這幾種常用方法要記牢。2017年8月2號，Q博士網址 <https://www.pixpo.net/post182620>