

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：種豆得豆--綠豆的生長與發芽

一、摘要：

本研究關於綠豆做了多方面的探討並發現主要影響綠豆的發芽的因素為水溶液 pH 值，至於水是否經沸騰及過濾對綠豆的發芽並沒有影響，而不同色光對綠豆芽的長度影響不大，但照射紅光或藍光的綠豆芽直徑較照射綠光或白光的綠豆芽粗。加壓後的綠豆則確實能使種出來的豆芽較粗短且紮實(重量較重)，這是受一種叫乙烯的植物激素影響，使豆芽催熟。光源的方向確實會影響綠豆芽的生長使其彎曲，但此影響主要在綠豆芽葉片出現後較顯著。紅豆的發芽成功率較綠豆低且紅豆芽生長速度也較綠豆芽慢，或許這即是市面上常見綠豆芽的原因。

二、探究題目與動機

植物的發芽及生長會受水及光線不同特性影響，令人對這其中的細節感到好奇，所以本研究改變了水與光的不同條件參數，觀察其對綠豆發芽及生長的影響。首先，基於推測綠豆發芽會受到水溶液的酸鹼度及雜質影響，因此嘗試以檸檬酸與碳酸氫鈉兩種水溶液處理綠豆種子，並測試經沸騰與過濾的開水是否對綠豆發芽造成影響。由學校課程所學了解植物行光合作用主要吸收光線波長後，本研究想了解未行光合作用的發芽階段是否亦受不同色光影響，更進一步改變光線的方向，觀察其對綠豆芽生長的影響。此外，為了證實網路上關於「重物壓綠豆，可使豆芽肥大」的傳言，本研究以固定重量施壓綠豆，觀察其對豆芽生長的影響。最後，因好奇市面上販售的豆芽為何以綠豆芽及黃豆芽為主，本研究比較在分類上親緣關係相近的紅豆(*Vigna angularis*)及綠豆(*Vigna radiata*)，觀察兩者於相同條件下發芽情況差異。

三、探究目的與假設

1. 比較不同 pH 值水溶液對綠豆發芽的影響
2. 比較開水及自來水對綠豆發芽的影響
3. 比較不同色光對綠豆發芽與生長的影響
4. 比較光照的位置對綠豆生長的影響
5. 比較有無加壓對綠豆生長的影響
6. 比較紅豆與綠豆相同環境下發芽率的差異

四、探究方法與驗證步驟

實驗一、水溶液 pH 值對綠豆發芽的影響

實驗組：酸-3%檸檬酸水溶液-pH4.0、鹼-3%碳酸氫鈉水溶液-pH9.0；

對照組：自來水-pH7.0

實驗器材：

3%檸檬酸水溶液、3%碳酸氫鈉水溶液、自來水、綠豆 45 顆、棉花、培養皿

實驗方法：

1. 在培養皿底部鋪滿棉花並放上綠豆(一個培養皿 5 顆、一組 15 顆)

2. 在棉花上滴 10ml 自來水、3% 檸檬酸水溶液、3% 碳酸氫鈉水溶液
3. 每日依培養皿底部積水情形澆 10 或 5ml 自來水或實驗水溶液
4. 觀察並記錄 5 天內各組綠豆發芽情形

實驗二、水中雜質含量對綠豆發芽的影響

實驗組-沸騰後經過濾的水 對照組-自來水

實驗器材：

自來水、沸騰後經過濾的水(取自飲水機)、綠豆 30 顆、棉花、培養皿

實驗方法：

1. 在培養皿底部鋪滿棉花並放上綠豆(一個培養皿 5 顆、一組 15 顆)
2. 在棉花上滴 10ml 自來水或沸騰後經過濾的水
3. 每日依培養皿底部積水情形澆 10 或 5ml 自來水或沸騰後經過濾的水
4. 觀察並記錄 5 天內各組綠豆發芽情形

實驗三、不同色光對綠豆發芽及生長的影響

實驗組 1-紅光 實驗組 2-綠光 實驗組 3-藍光 對照組-白光

實驗器材：

自來水、綠豆 60 顆、棉花、培養皿、紅色玻璃紙、綠色玻璃紙、藍色玻璃紙、透明玻璃紙、封箱膠帶(不透光)、紙箱(有蓋子)*2

實驗方法：

(一)製作紙箱：

1. 將紙箱縫隙處用封箱膠帶黏貼，並確保紙箱內部不透光
2. 在紙箱中央用紙板分隔出左右兩側獨立空間
3. 在紙箱蓋子上挖洞，並黏上紅、藍、綠色及透明的玻璃紙，如圖一、二

(二)種植綠豆：

1. 在培養皿底部鋪滿棉花並放上綠豆(一個培養皿 5 顆、一組 15 顆)
2. 在棉花上滴 10ml 自來水
3. 將綠豆放入紙箱中
4. 每日依培養皿底部積水情形澆 10 或 5ml 自來水
5. 觀察並記錄 14 天內各組綠豆發芽與生長情形

實驗四、不同照光方向對綠豆生長的影響

實驗組-紙箱側邊挖洞 對照組-紙箱上方開洞

實驗器材：



圖一、實驗三紙箱示意圖



圖二、實驗三紙箱示意圖

自來水、綠豆 45 顆、棉花、培養皿、滴管、紙箱

實驗方法：

(一)製作紙箱：

1. 將紙箱縫隙處用封箱膠帶黏貼，並確保紙箱內部不透光
2. 在紙箱中央用紙板分隔出左右兩側獨立空間
3. 在紙箱側邊離底部 8 公分處及紙箱蓋子上的另一側開洞，如圖三

(二)種植綠豆：

1. 在培養皿底部鋪滿棉花並放上綠豆(一個培養皿 5 顆、一組 15 顆)
2. 在棉花上滴 10ml 自來水
3. 待綠豆發芽後第七天，將綠豆放入紙箱中
4. 每日依培養皿底部積水情形澆 10 或 5ml 自來水
5. 觀察並記錄 7 天內兩組綠豆生長方向



圖三、實驗四紙箱示意圖

實驗五、加壓對綠豆生長的影響

實驗組-綠豆上放置重物加壓 對照組-無加壓

實驗器材：

自來水、綠豆 30 顆、棉花、培養皿、滴管、塑膠籃、寶特瓶*3

實驗方法：

1. 在塑膠籃底部鋪上三塊棉花並放上綠豆(一塊棉花 5 顆、一組 15 顆)
2. 在棉花上滴 10ml 自來水
3. 待第二天綠豆發芽後，將其中一組以另外一個塑膠籃及裝水的寶特瓶(約 1999.5g)^註一壓在綠豆上(使用有孔洞的塑膠籃使綠豆芽能夠穿過籃子繼續生長)
4. 每日依棉花濕潤程度及塑膠籃積水情形澆 10 或 5ml 自來水
5. 觀察並記錄 7 天內各組綠豆生長情形

實驗六、相同環境條件下，紅豆與綠豆發芽情況的差異

實驗組-紅豆 對照組-綠豆

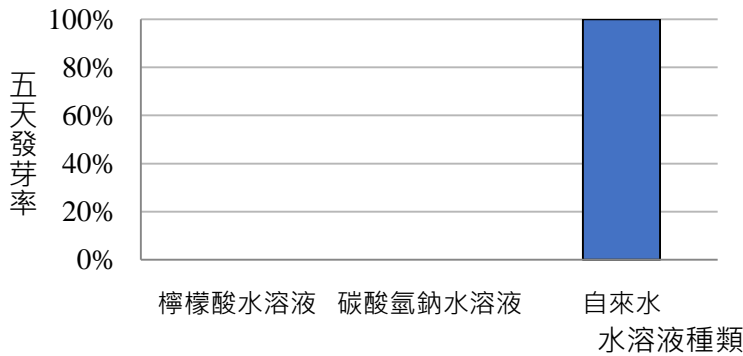
實驗器材：

自來水、綠豆 15 顆、紅豆 15 顆、棉花、培養皿、滴管

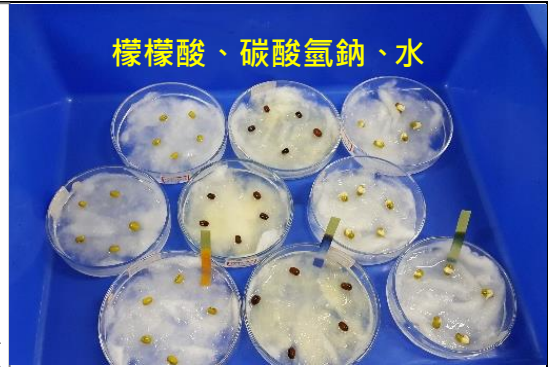
實驗方法：

1. 在培養皿底部鋪滿棉花並放上綠豆或紅豆(一個培養皿 5 顆、一組 15 顆)
2. 在棉花上滴 10ml 自來水
3. 每日依培養皿底部積水情形澆 10 或 5ml 自來水
4. 觀察並記錄 5 天內兩種豆類發芽情形

五、結論與生活應用

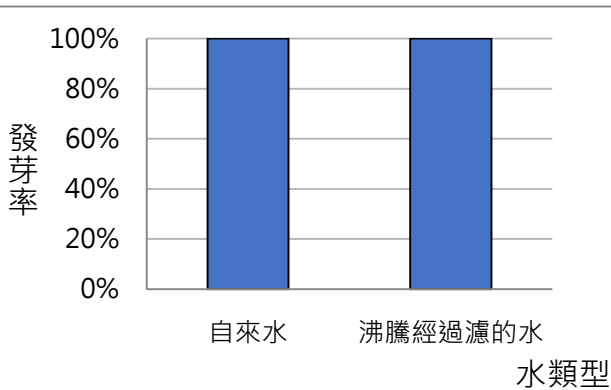


圖四、不同水溶液對綠豆發芽影響



圖五、經不同水溶液處理 1 天的綠豆

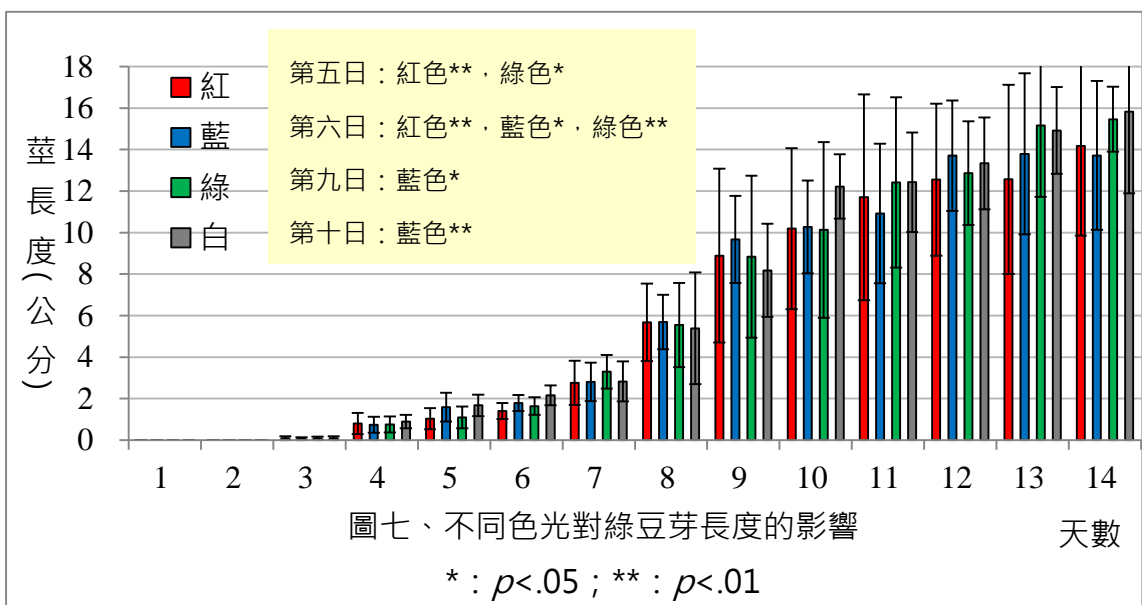
由圖四可以得知澆 pH 值 4.0 及 9.0 的檸檬酸及碳酸氫鈉水溶液五天的綠豆並沒有發芽，因綠豆發芽的重要條件即是種皮軟化，而以酸或鹼性水溶液處理的綠豆種皮似乎受到化學藥品的影響，從圖五可看出澆碳酸氫鈉水溶液的綠豆(中排)明顯褪色變黑，而澆檸檬酸水溶液的綠豆(左排)也褪色變黃，以致無法引發後續種子發芽的連鎖反應。查詢資料發現適合綠豆生長的土壤酸鹼值為 pH5.5~pH6.8(謝苑軒、陳秋娟、陳希(2016))，本研究所使用的兩種水溶液 pH 值皆不在此範圍，亦印證他人研究結果。



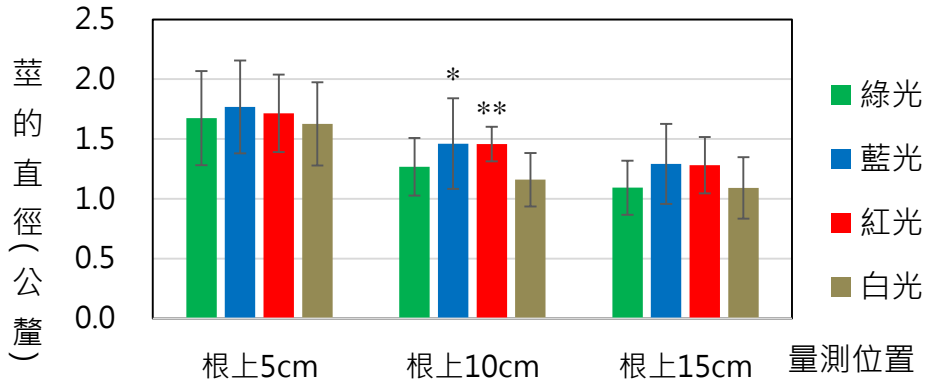
圖六、不同水類型處理的綠豆發芽率

由圖六可知澆自來水或沸騰後經過濾的水於綠豆發芽的情況並無差異，五天內綠豆的發芽率均為 100%。原本研究的假設是未沸騰的自來水中殘留有氯，不利於綠豆發芽，但實驗結果顯示本校所在區域的自來水中氯殘留量不大，為綠豆可承受範圍，故對其發芽情況並無影響。

綜合實驗一及實驗二結果可推測綠豆發芽對於溶液的要求僅有酸鹼適中(pH5.5~6.8 為佳)，水中的雜質對綠豆的發芽並無明顯影響。



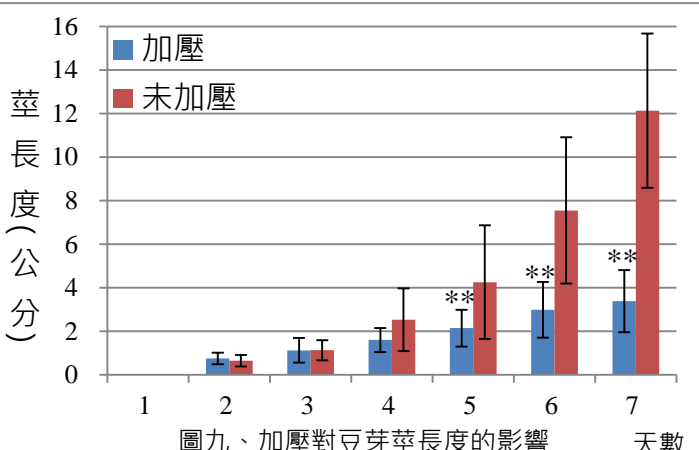
圖七、不同色光對綠豆芽長度的影響



圖八、照射不同色光對綠豆芽粗細影響

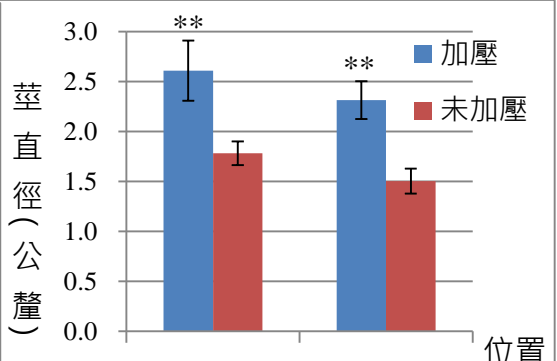
* : $p < .05$; ** : $p < .01$

在不同色光對綠豆生長影響的實驗中，本研究發現照射不同色光之綠豆的生長狀況亦有所差異；觀察兩週後，照射不同色光對豆芽長度雖無明顯影響(圖七 T 檢定以白光為基準)，但由圖八可以得出照射藍光及紅光豆芽的莖比較粗，且在根上十公分處形成顯著差異，推測是因葉綠素為綠色，會將綠光反射並吸收其他色光，葉綠素主要吸收藍光及紅光執行光合作用，將獲得的養分儲存在莖部，造成了照射紅光及藍光的豆芽莖部較粗。(圖八 T 檢定以白光為基準)。



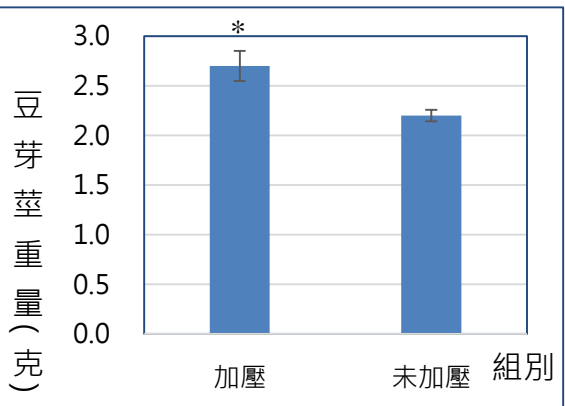
圖九、加壓對豆芽莖長度的影響

* : $p < .05$; ** : $p < .01$



圖十、加壓對莖粗細的影響

* : $p < .05$; ** : $p < .01$



圖十一、加壓對綠豆芽莖重量的影響

* : $p < .05$; ** : $p < .01$

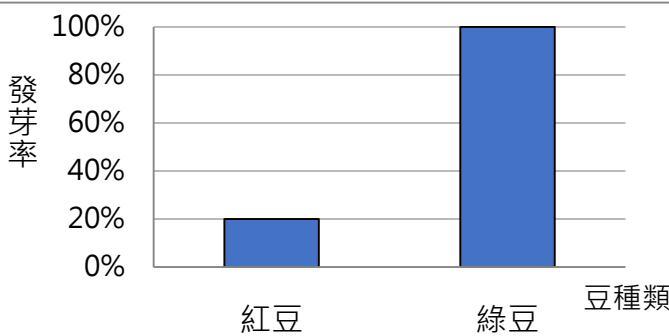
實際測試綠豆發芽後以每平方公分 3.1 公克的重量加壓，發現經壓力處理的綠豆芽雖然長度較未加壓的綠豆芽短，且具有明顯差異(如圖九所示)，但同時亦觀察到經加壓處理的綠豆芽直徑較未加壓的綠豆芽大，且重量較未加壓綠豆芽重，直徑與重量的差異均有顯著差異(如圖十、十一所示)。

進一步查詢資料發現文獻中有提及對綠豆加壓會使綠豆產生乙烯，使綠豆芽莖細胞擴大而造成粗短的現象(洪慈韓、許靜怡、張可逸(2015))。乙烯為一種植物激素，能使植物催熟，而豆芽正是因為催熟後變得粗短且重。



圖十二、光線方向對綠豆芽生長情況影響

在綠豆芽向光性的觀察中，最初等待綠豆發芽的過程中，光線方向對於沒有葉片的綠豆芽並沒有明顯的影響(結果未顯示)，而當綠豆芽葉片長出後，由圖十二可以看到側邊挖洞組(下)綠豆芽大多探出了洞外，而上方挖洞組(上)的綠豆芽則筆直向上生長。實驗結果證實綠豆芽的確表現出向光性，且綜合色光與光線方向對綠豆芽生長影響實驗結果可以了解光線對綠豆芽生長的影響主要透過葉片產生作用。



圖十三、相同條件下綠豆與紅豆的發芽率比較

雖然紅豆 (*Vigna angularis*) 及綠豆 (*Vigna radiata*) 是同屬不同種的植物，親緣關係相近，但由圖十三可以知道相同條件下綠豆的發芽率比紅豆高出許多，15 顆豆子中，綠豆在第三天便全數發芽，而紅豆直到第五天才有三顆發芽。種植發芽成功率及發芽速度的差異或許可以解釋市面上常見綠豆芽、黃豆芽，而非紅豆芽的原因。

【總結】

- 一、酸(pH4)或鹼(pH9)的水溶液皆無法促進綠豆發芽，還是自來水最適合種綠豆芽。
- 二、自來水中的雜質及水中少量的氯對綠豆的發芽沒有明顯影響。
- 三、照射不同色光對豆芽生長的長度沒有明顯影響，但照射紅光及藍光可使豆芽的莖較粗。
- 四、綠豆芽的生長會因為受到加壓而受到影響：受到壓力作用的綠豆會產生乙烯，促使綠豆芽的莖較粗、短，也較重。
- 五、綠豆芽待葉片長出後的生長情形與光線有關，可表現出向光性，也受光線波長影響。
- 六、紅豆的發芽成功率與發芽的速度皆低於綠豆。

參考資料

註一：最適合(綠豆)的壓力是約 $3.1\text{g}/\text{cm}^2 \sim 4\text{g}/\text{cm}^2$ (洪慈韓、許靜怡、張可逸(2015))，而實驗用的塑膠籃約 645cm^2 ， $3.1 * 645 = 1999.5\text{g}$ ，為本實驗加壓重物之重量。

謝苑軒、陳秋娟、陳希(2016年)。**就怕這個酸!**。金湖國中。<https://science.km.edu.tw/exhibitions?name=3&grade=2&group=2&unit>。檢索日期：20220329

維基百科。**植物激素**。<https://zh.wikipedia.org/wiki/植物激素>。檢索日期：20220331

維基百科。**豇豆屬**。<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%B1%87%E8%B1%86%E5%B1%9E>。檢索日期：202203

31

洪慈韓、許靜怡、張可逸(2015年)。**受「壓」的豆芽「漢草」好**。屏東縣鹽埔鄉振興國民小學。<https://www.n.tsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=99&sid=12749&print=1>。檢索日期：20220331