

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 化學科

030216

水來土掩－聚乙烯醇(PVA)對校園土壤理化性
狀及團粒保水之研究

學校名稱：高雄市立五福國民中學

作者： 國二 林子翔 國二 李長逸 國二 廖士緯	指導老師： 林佳蓉
---	------------------

關鍵詞：聚乙烯醇、土壤

摘要

本研究探討校園土壤種類及性質，嘗試添加不同濃度聚乙烯醇於土壤中。實驗結果顯示，PVA 溶液濃度越高，EC 值越高，可增加土壤 EC 值。PVA 溶液為弱酸，降低土壤 pH 值。添加 PVA 溶液於土壤中，可調整土壤的 pH 值及 EC 值。

聚乙烯醇可溶於水，常溫配置之 PVA 可在溫水下攪拌即能完全溶解，再利用日曬吸收熱量大量配製操作容易，也減少電能消耗。

校園土壤有不同質地分佈，相繼的也會影響到水份入滲時間及保水能力。Area 2 及 Area 6 土樣隨著 PVA 溶液濃度降低至 2% 以下團粒化效果更佳。入滲實驗發現 Area 6，0.4% 以上的 PVA 溶液在滲透時，會使土樣產生中斷以致於上層的 PVA 水溶液無法再入滲。綠豆萌芽與生長試驗可知低濃度 PVA 對種子萌芽與生長的能力，無顯著的負面影響。

壹、研究動機

校園裡常常可以看得到伯伯在幫樹木、草地澆水，每日累積的水量相當可觀。有一天看到同學在幫班上盆栽澆水的時候，發現有相當的水流失掉了，於是就想到澆在校園草地裡的水是不是也大量的流失了。對台灣而言水資源是相當珍貴的，所以我們想要了解有沒有能夠讓土壤更有效保持水分的方法，這樣就可以減少維護植栽的工作份量也可以節省水資源。邱于誠、蔡雯鈞、蔡怡如、鍾乙齊 [1] 在 94 年第 45 屆全國中小學科展利用切碎紙尿布當介質混入泥炭土中，發現能有效延長鐵線蕨及圓幣草之澆水時間間隔，延長土壤的保水時間。文獻中我們得知利用有機物或高分子聚合物填塞土壤空隙，在土壤表層或土壤內部形成緻密層，增加土壤團粒含量，可以改善土壤結構，減少水分向深層下滲，使降雨或水分就地入滲，同時也減少土壤揚塵。經查國內外常用於土壤的高分子聚合物有聚丙烯酸(Polyacrylic Acid, PAA)、聚丙烯酰胺(Polyacrylamide, PAM)、聚乙烯醇(Polyvinyl Alcohol, PVA)、聚乙二醇(Polyethylene glycol, PEG)以及木質素類聚合物等。基於聚乙烯醇價格便宜、容易取得，大家討論後決定先從聚乙烯醇作為本次主要試驗材料，探討其對土壤的影響。土壤來源我們從校園土壤著手，除了取用方便，另外更可藉此了解校園土壤的型態與性質。

【本研究主題與康軒版第四冊第三單元酸鹼鹽與第五單元認識聚合物教學單元具教材相關性】

貳、研究目的

本研究目的分述如下：

- 一、探索土壤的組成及其理化性質。
- 二、探索校園土壤型態與性質。
- 三、探索聚乙烯醇（PVA）及其理化性質。
- 四、探討添加聚乙烯醇（PVA）對土壤的影響。

參、研究設備與器材

電腦、校園土壤、聚乙烯醇（PVA-BP05，圖 3-1）、電子天平、蒸餾水、加熱攪拌器、塑膠容器（裝土容器）、土鏟、燒杯、測重容器、pH 及 EC 測試筆、1mm 細目濾網、錶玻璃、攪拌石、漏斗、量筒、滴管、玻棒、濾紙



主要試驗材料**聚乙烯醇(Polyvinyl Alcohol, 簡稱 PVA)[8]**

聚乙烯醇(polyvinyl alcohol)是聚乙酸乙烯酯水解或醇解而生成的一種聚合物。

一般為透明無色粉末或顆粒狀，是一種鏈狀高分子聚合物，由**乙烯醇**的單體組成而成，其結構式如圖 3-2，含有-OH 的官能基（羥基），由於 O、H 之間能形成氫鍵，使分子不易自由活動，因此水溶液具有黏稠性。但**完全羥基化**的情況下，分子間和分子內形成大量氫鍵，物理交聯點多，密度高，導致 PVA 結晶度高，反而不利於水分子的滲入。聚乙烯醇的性質隨聚合度、醇解度的不同而異；相對密度 1.26~1.31，折射率 1.49~1.53（25℃）；能溶於水，不溶或難溶於動植物油脂、酯類、酮類、烷烴類、芳烴類、高碳單元醇類等，溶於甘油、乙二醇等多元醇，以及二甲基亞等；在強酸中溶解或分解，在強鹼、弱鹼或弱酸中軟化或溶解；在 100℃ 以下熱穩定性良好，100℃ 以上開始失水醚化，150℃ 以上加快，200℃ 以上則分解。



圖 3-1 聚乙烯醇

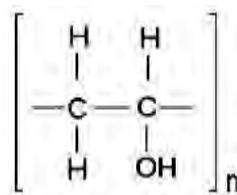
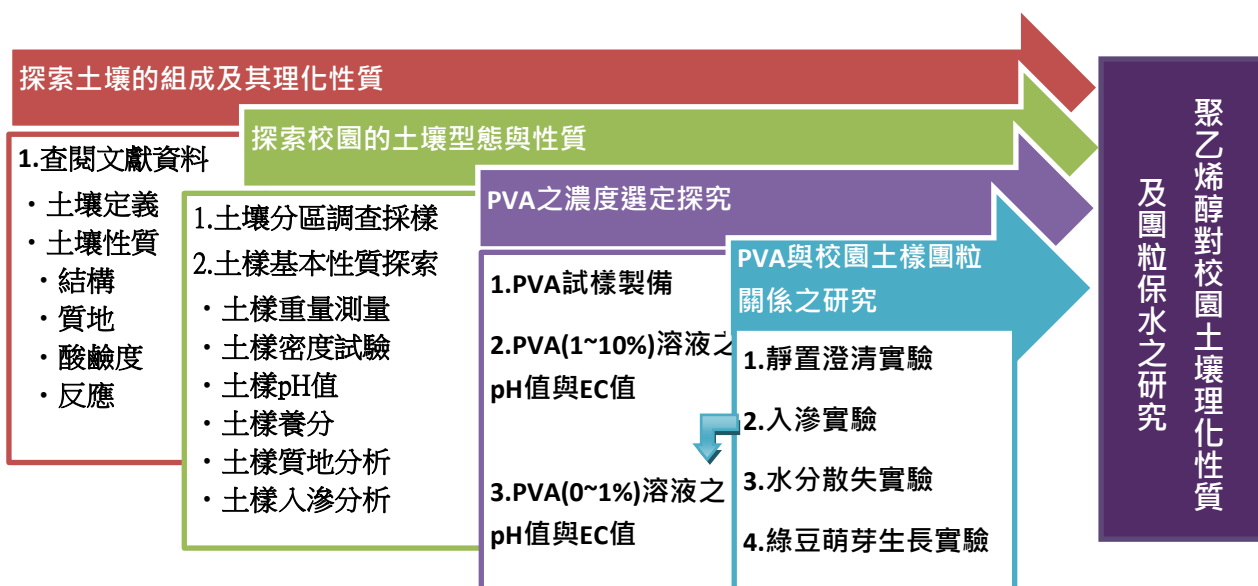


圖 3-2 PVA 結構式

PVA 溶液於常溫下略偏酸性 (pH5-7)，在弱酸或弱鹼中黏度穩定，不易光分解，具有生物降解性。聚乙烯醇為一種安定無毒的水溶性鏈狀高分子聚合物，常用作纖維加工劑、紙加工劑、膠黏劑、乳化穩定劑、土壤改良劑等。

肆、研究過程與結果

一、研究架構



二、名詞解釋

(一) 土壤 (soil) :

1. 根據數位典藏與數位學習國家型科技計畫 [2] 中定義土壤是地球表面由岩石風化而成的疏鬆層，多數由黏土礦物組成並含有空氣、水分和腐植質(Humus)，而且有微生物活躍在他的中間，土壤能支持植物的生長並供給其養分。

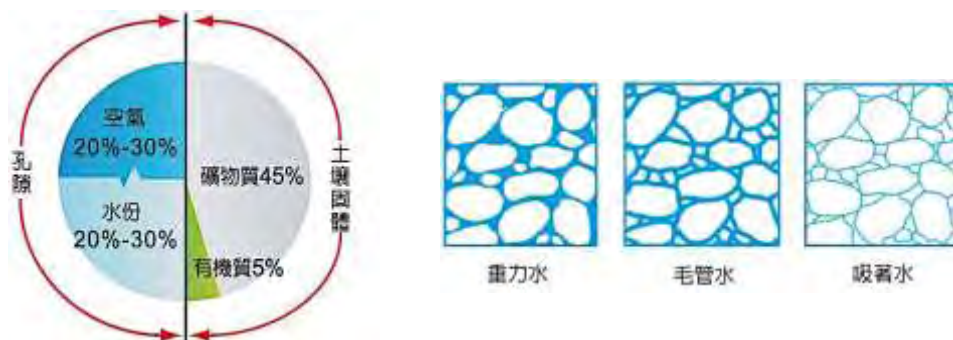


圖 4-1 理想的土壤組成及土壤中的各種水

<https://jibaoviewer.com/org/5a3d28a9cf8f63182612a448/project/5a3d297f93dcf51826d1e48f>

2.李岷 [3] 提出水分一般由土壤（或盆土）中供應，而為根部所吸收，供植物體利用。

土壤中的水分依其存在狀態可分為吸著水、毛細管水和重力水三種。吸著水是指被土壤吸著、吸力極強，不能為植物所利用的無效水。重力水則為土壤中自由流動、不為土粒吸著的水，因重力影響而流至土壤下方，在排水良好的情況下可迅速流走，故植物也無法有效利用。因此植物能有效利用的只有存在土壤粒子孔隙間、抵抗重力而由毛細管現象作用所保存的毛細管水。土壤中重力水排走後，所含水量稱為田間容水量（大致包括毛細管水和吸著水），若不予加水，則水分由於植物吸收以及蒸發作用的消耗，其含量將逐漸減少，當少到某一個程度時，植物就呈現萎凋現象，此時的土壤含水量稱為暫時萎凋點，只要再澆水，植物仍可恢復生機。但若不予加水，則到了一定限度後，土壤中的毛細管水已用完，植物已無有效水可供利用，即使再加水，植物的萎凋狀態仍無法復原，此時之土壤含水量稱為永久萎凋點。因此栽培植物時，應該經常使土壤水分維持在田間容水量和暫時萎凋點之間，才能使植物生育良好。

(二)土壤構造 [5]：

1.土壤構造是指土粒間的排列現象。土粒在土壤中呈現單粒與團粒或土塊之形態，依其形態分可以區分為：

(1)板狀構造，指呈薄片水平狀的平行排列。

(2)稜柱狀構造，柱狀垂直排列。

(3)塊狀構造，呈橫軸與長軸幾乎相等。

(4)似球形構造，形成圓球形或多面體。

2.土壤構造中，土壤孔隙大小決定水分與空氣存在之空間，並直接影響到植物生長所需之養分。因此適當的土壤構造，對土壤物理有下列優點：使土壤孔隙度大小及粗細適宜、使土壤有良好的滲透能力，得以減少逕流與沖蝕、使土壤有良好的保水能

力，以供作物生長之吸收水份、使土壤有良好的通氣狀況、使作物易於吸收養分及水分，根系容易伸展與穿透、減少水分蒸發、使土壤易於耕作、減輕風蝕災害。

(三)土壤質地 [4]：

- 1.土壤質地是指土壤顆粒的大小。土裡最大的顆粒是砂（sand），其次是壤土（silt），最細的是黏土（clay）。砂質的土壤孔隙大，吸水快、排水也快，營養成分不太容易留住；黏土正好相反，孔隙小、吸水慢、土中的水分及營養成分也難以讓植物吸收。
- 2.瞭解土壤質地之後才能夠選擇適合的作物，或是設法去改善土壤的性質。

(四)土壤 pH 值（黃瑞彰 [6]）：

- 1.土壤酸鹼度藉由礦質鹽類的溶解度和土壤微生物的活動等，影響植物的營養與生長。當土壤 pH 值為 5.5~7.5 時，對大多數植物的生長均極適合，但在一般情況下，土壤中陽離子的吸收則隨 pH 值增加而上升，陰離子的吸收則隨 pH 值增加而下降。
- 2.有關土壤 pH 值與各種營養要素的有效性關係，若 pH 值在 6.5 附近，各種要素的有效性最高，因此，調整土壤 pH 值是改善土壤養分情況最有效、快速的方法。土壤的 pH 值除了直接影響養分的有效性外，也影響微生物的生育與活動，強酸及強鹼皆不利於微生物發育，強鹼同時也可分散土壤粘粒，造成排水不良，並溶解土壤腐植質，阻礙土壤團粒形成，間接危害植物生長。

(五)土壤中養分（黃瑞彰 [6]）：

- 1.土壤中養分濃度會直接影響養分的有效性，基本上，養分的濃度越高，有效性也越高，但如果太高也將影響植物生長。
- 2.一般會以土壤的飽和抽出液來診斷土壤有無鹽害，當土壤電導度（Electrical Conductivity, EC）大於 4000 μ s/cm(4ds/m)者，稱之為鹽土，大多數作物會因此生長受阻。

(六)團粒化 [4]:

- 1.指土粒被有機質「黏」成一個一個的小球狀，土壤顆粒間的孔隙較小，可以保水；團粒與團粒間的孔隙較大，可以透氣。因此團粒結構能夠保證植物的根的良好生長，適合作物的生長。

三、探索校園的土壤型態與性質

(一)土壤分區調查及採樣

- 1.本研究依校園土壤分佈分成八區如圖 4-2 所示，再依下列幾點進行調查並分類：

13:00 直曬與否、是否有大塊礫石以及人員踩踏走動。



圖 4-2 校園土壤分區圖（部分區域施工中無法進入）

- 2.土壤採樣：

將採集到的土壤自然風乾後，剔除殘根、石塊等，再壓碎研磨過篩取粒徑小於 1mm 的土壤裝入塑膠罐中備用，以供進行基本性質分析之用。



圖 4-3 六區土樣過篩裝瓶



圖 4-4 六區土樣過篩後大於 1mm 的土壤

(二)土樣基本性質的探索

1.土樣重量測量：

土壤是由土壤固體、水及空氣（或氣體）所組成，可分離成圖 4-5 所示，其中空氣重量可忽略。本研究步驟如下：

- (1)測量「測重空杯」的重量及容積，如圖 4-6。
- (2)將土樣放入測重空杯至土壤凸出，側邊敲 10 下後以直尺輔助刮平杯口。
- (3)測量、記錄並求其平均值。

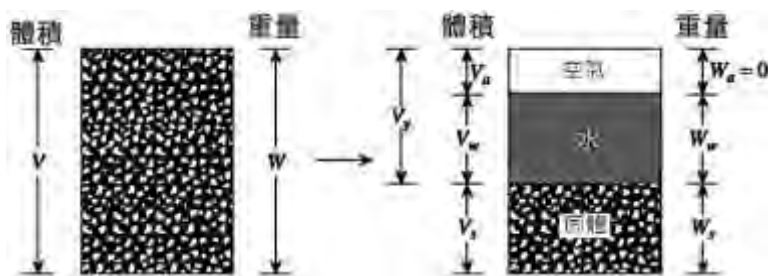


圖 4-5 土壤的組成示意圖



圖 4-6 測量測重空杯質量

2.土樣密度試驗：

土樣密度 = 土樣質量 ÷ 土樣體積，土樣密度越高，空隙越小，水分和空氣就越難流動，植物生長也會受影響，本試驗步驟如下：

- (1)取 10.00mL 水及各區 2.00g 的土樣放入量筒。
- (2)塞上塑膠塞充分搖動 30 下使量筒內的土樣與水完全混合驅除內部空氣。
- (3)將量筒靜置桌面 10 分鐘，讀取液面體積減去 10.00mL 即得 2.00g 土樣體積。
- (4)採 3 重複進行試驗、記錄並求其平均值。

3.土樣 pH 值及土樣養分試驗：

一般植物在中性、弱酸性、弱鹼性土中均能生長良好。而適合植物生長的土壤電導度為 600-3500 μ s/cm。本試驗步驟如下：

- (1)土水體積比採 1:2 混合攪拌後，經 24hr 靜置，取上層清液。
- (2)使用 pH 及 EC 測試筆採測 3 重複進行試驗、記錄並求其平均值，如圖 4-7。



圖 4-7 手持式 pH 及 EC 測試筆測量上層清液

4. 土壤質地（粒徑分布）分析：

以土壤瓶杯試驗(The Jar Soil Test)測試土壤質地，研究步驟如下：

- (1)取各採樣區之土樣 20g 於離心管。
- (2)加水至 50mL 均勻混合後靜置 72 小時。
- (3)讀取沙粒、黏粒之高度，計算含量，比對美國農業部之土壤質地三角圖分類質地。

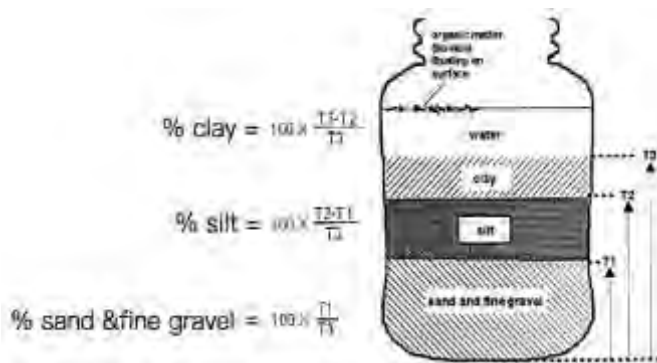


圖 4-8 土壤質地組成

(from <http://www.pequals.com/at/ccatbench/cobsoilanaylis.htm>)

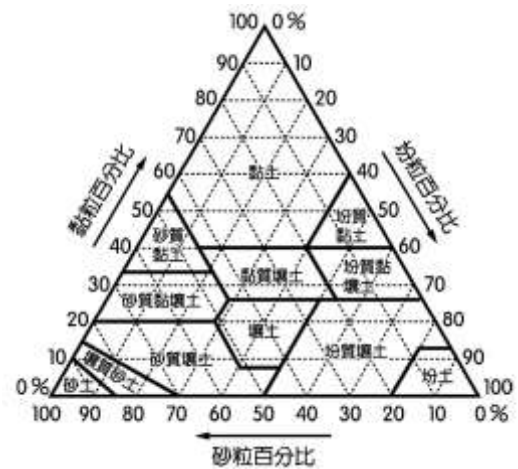


圖 4-9 美國農業部土壤質地三角圖

(from <https://www.learnmode.net/upload/flip/book/a7/a7e4836fd429a8b8/688e36a73cb2.pdf>)



圖 4-10 採樣區土樣 20g



圖 4-11 採樣區土樣進行 The Soil Test

5.土樣入滲分析：

水入滲以單位時間入滲水深或以歷時入滲累積曲線表示。研究步驟如下：

- (1)選用粗吸管(口徑約 1.1cm)，自平底端標出 0、1、2……等刻度。
- (2)裝入 15cm 高水柱，手持尖端使水不滴落。
- (3)計錄從刻度 15cm 到 10cm 的入滲時間。

四、PVA 濃度選定探究

(一)PVA 試樣製備

- 1.將定量蒸餾水倒入容器，置於加熱攪拌器上進行攪拌、加熱溫度不超過 30°C。
(熱水會使 PVA 產生團塊，以致延長溶解時間)
- 2.慢慢將 PVA 加入，建議每隔 1-2 分鐘一匙，加入速度緩慢，較不易形成團塊。
- 3.確認 PVA 顆粒已完全分散膨脹再升溫至 50~70°C。
- 4.待溶液冷卻配置 W% 為 1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、12%、16%。

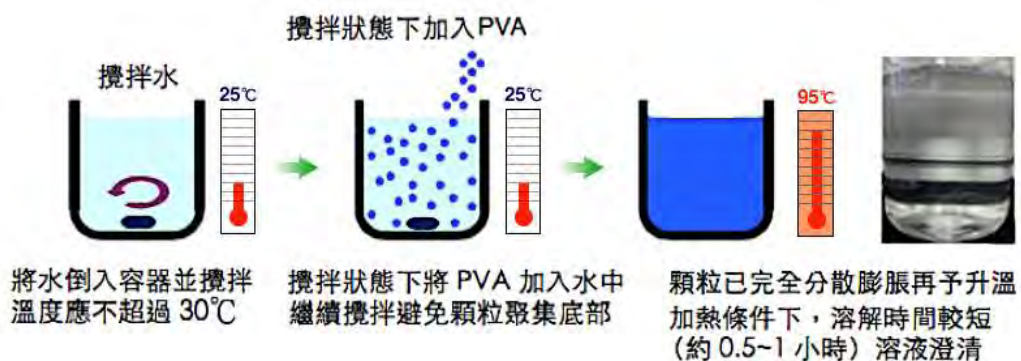


圖 4-12 製備 PVA 溶液流程 (參考 <http://www.j-vp.co.jp/product/pva/use.html>) 重繪

(二)PVA 溶液之 pH 值及 EC 值試驗

本實驗 PVA 溶液須以不破壞生態環境以及不影響植栽發芽生長為主，因此需瞭解

PVA 溶液的酸鹼值，試驗步驟如下：

- 1.校正手持式 pH 計及電導計。

- 2.將 0%、1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、10%、12%、16%、20%PVA 溶液裝入容器，再以手持式 pH 計及電導計測量，施作 3 組數據求平均 pH 值及 EC 值。

五、PVA 與校園土樣團粒關係之研究

(一)靜置澄清實驗

PVA 黏度隨著濃度增加而增大，是否會影響入滲時間及入滲深度。故進行探索：

- 1.採用濃度 1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、10%的 PVA 施作。
- 2.以 10mL 量筒裝取土樣 2g，倒入 10mL 純水震盪 30 下，靜置一日觀察分層狀況。

(二)低濃度 PVA 溶液的 pH 值及 EC 值

上個實驗發現 1%PVA 溶液團粒化效果最好，小組嘗試再配置低於 1%PVA 溶液進行探索，試驗步驟如下：

- 1.配置 0%、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7、0.8%、0.9%、1.0%PVA 溶液。
- 2.測量並記錄 pH 值及 EC 值。

(三)低濃度 PVA 溶液對土樣入滲深度及時間的影響

- 1.以 10mL 的量筒裝取 Area 2 及 Area6 土樣深度 10cm。
- 2.倒入 0%、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7、0.8%、0.9%、1.0%PVA 溶液 3mL 入土樣後，紀錄入滲深度與時間。

(四)低濃度 PVA 溶液對土樣水分散失的影響

低濃度 PVA 溶液澆淋在土樣後，土樣水分的散失量會有影響嗎？步驟如下：

- 1.培養皿裝 10 克土樣並秤重。
- 2.加入 0%、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7、0.8%、0.9%、1.0%PVA 溶液 4mL，此體積恰能使土壤完全浸潤而表層不見積水，秤重紀錄。
- 3.靜置一日後秤重，觀察重量變化。

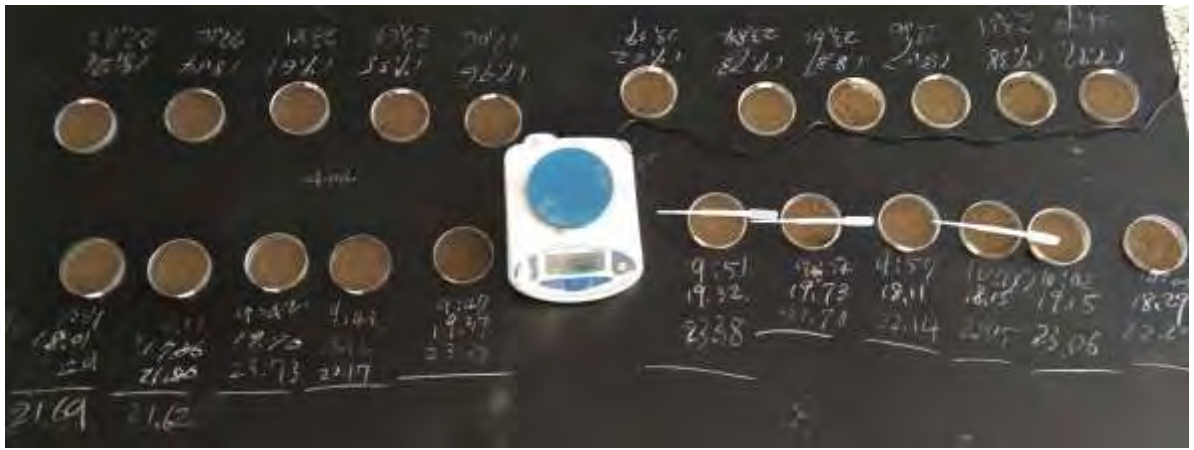


圖 4-13 PVA 溶液澆淋在 Area 2 及 6 之水分散失實驗

(五)低濃度 PVA 溶液對綠豆萌芽生長的影響

選取綠豆原因有二：一為綠豆發芽率幾乎等於 100%且發芽快速，易得到數據。其

二是豆科種子發芽時水分的吸收量有很大關係。故選用綠豆為試驗材料。步驟如下：

- 1.每個培養皿放入 10 顆綠豆，分別澆淋 0%、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7%、0.8%、0.9%、1.0%PVA 溶液 6mL，各濃度培養皿準備三組。
- 3.每日固定時間添加步驟 2 溶液 6mL，並記錄每個濃度萌芽、莖之長度達 5 公分、莖之長度達 10 公分、出現綠葉的顆數，並繪表紀錄。

伍、結果與討論

一、土壤區域調查

Area 7 及 Area 8 與 Area 3 的區域調查相似，研究最後選定編號 1~6 區進行採樣，

調查結果如表 5-1 所示，取土深度為 0~20cm。

表 5-1 校園土壤區域調查

土樣區域	13:00 直曬	有大塊礫石	土比砂多	人為踩踏	採樣
Area 1	×	○	○	○	是
Area 2	×	×	×	○	是
Area 3	○	○	○	○	是
Area 4	×	×	×	×	是
Area 5	×	×	×	○	是
Area 6	○	×	○	○	是
Area 7	○	○	○	○	否
Area 8	○	○	○	○	否

二、土樣基本性質分析

表 5-2 六區土樣的基本理化性質

分析項目	單位體積重量 (gw)	密度 (gw/cm ³)	pH 值	EC 值 (μ S/cm)	入滲時間(sec)	重量(%)			質地
						砂粒 sand	粉粒 Silt	粘粒 Caly	
Area 1	29.40	1.54	7.2	719	223.66	39.13	43.48	17.39	壤土
Area 2	32.80	1.54	7.9	788	566.15	57.14	37.14	5.71	砂質壤土
Area 3	33.28	1.48	7.2	505	154.17	62.50	15.63	21.88	砂質黏壤土
Area 4	33.12	1.54	7.2	638	198.53	54.05	37.84	8.11	砂質壤土
Area 5	30.51	1.82	7.1	520	88.25	62.86	37.14	0.00	砂質壤土
Area 6	25.72	2.00	6.9	852	44.41	40.00	40.00	20.00	壤土

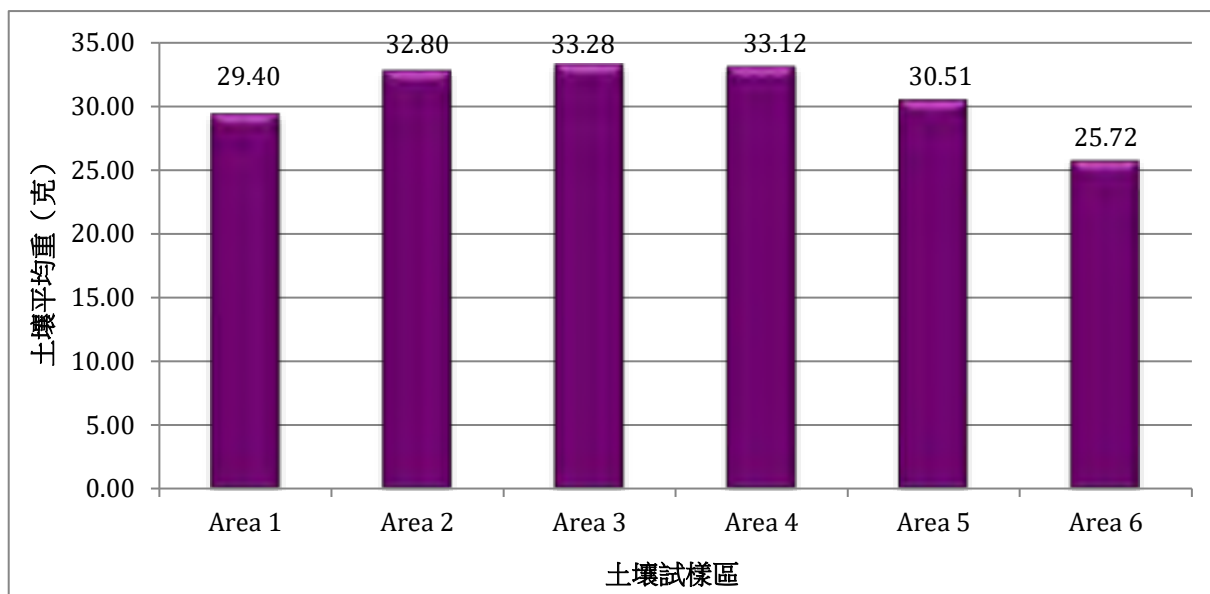


圖 5-1 土樣的單位體積的平均重量(瓶重 11.58gw，容積 2.80cm³)

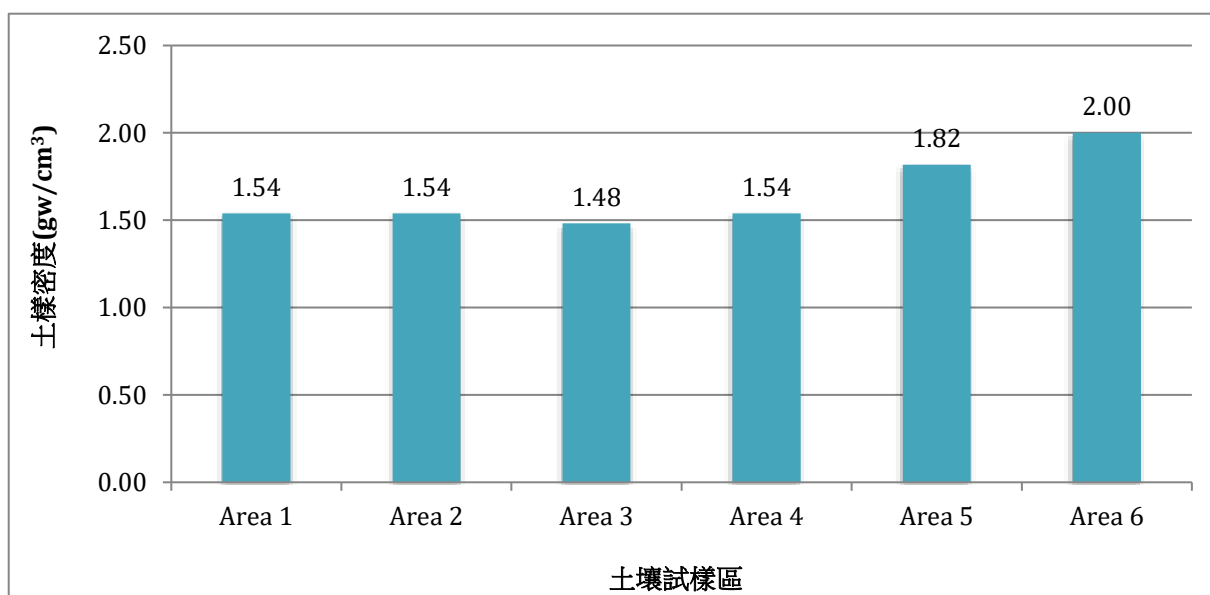


圖 5-2 採樣區土樣密度

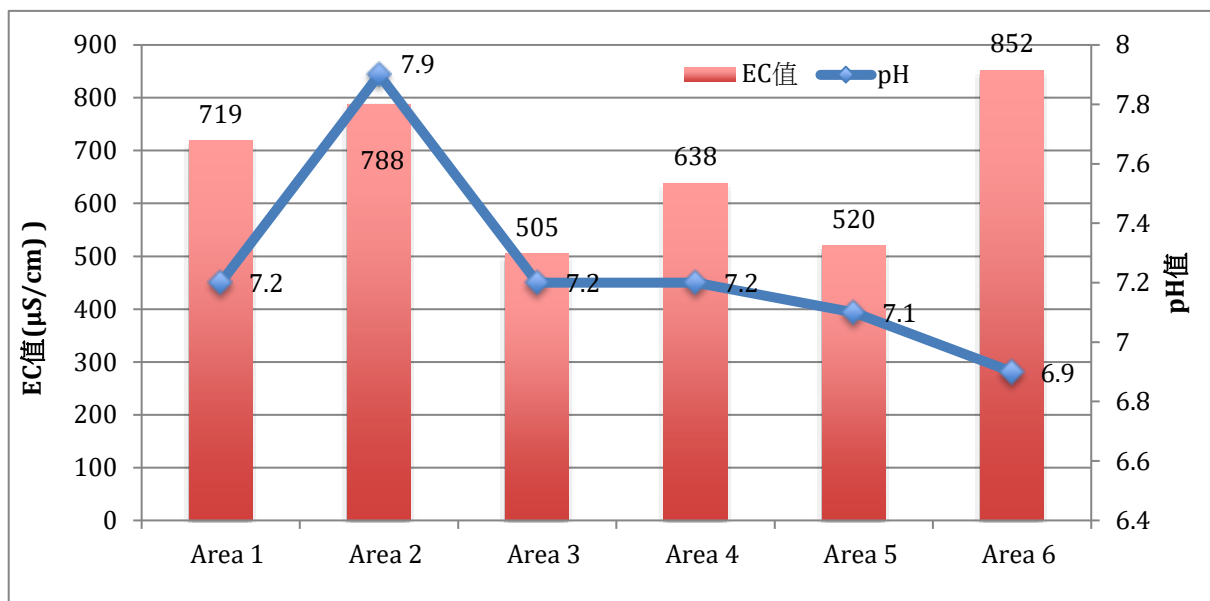


圖 5-3 土樣 pH 值及 EC 值關係圖

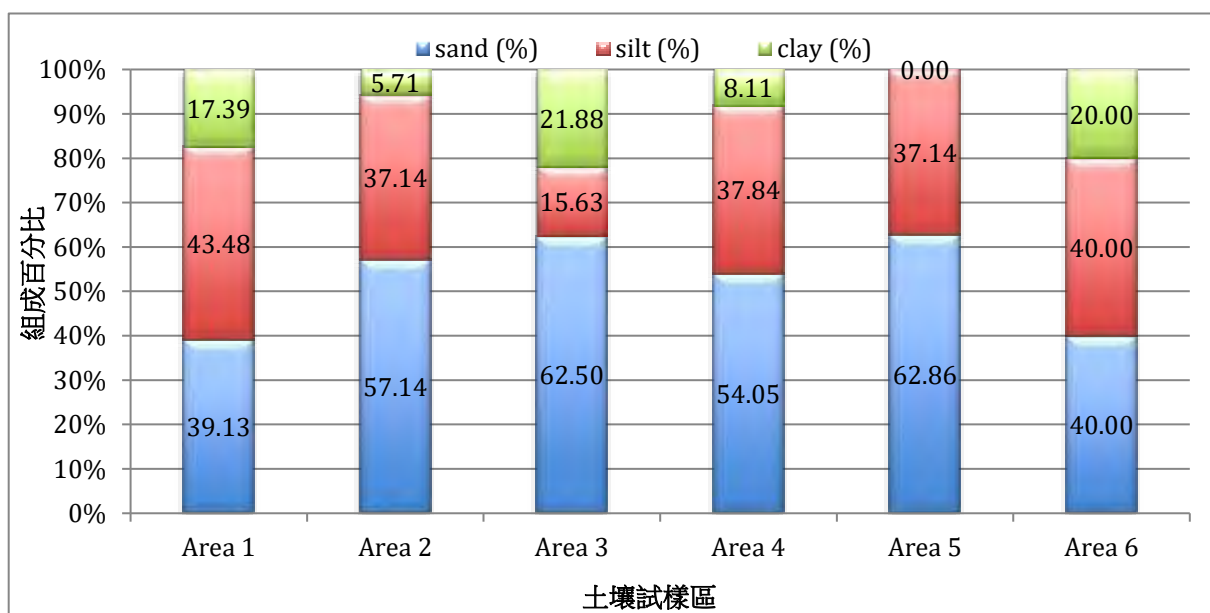


圖 5-4 採樣區土樣質地分析

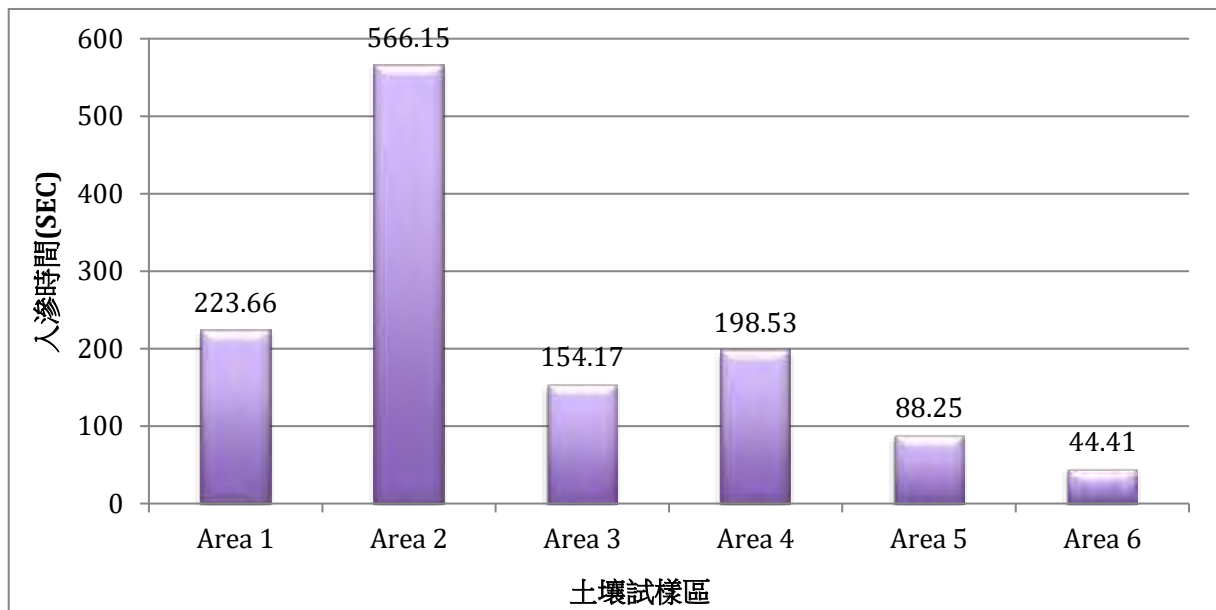


圖 5-5 採樣區土樣與水入滲時間之關係圖

(一)土樣基本理化性質分析討論

- 1.圖 5-1：土樣單位體積平均重： $\text{Area 3} > \text{Area 4} > \text{Area 2} > \text{Area 5} > \text{Area 1} > \text{Area 6}$ 。
- 2.圖 5-2：土粒的平均密度： $\text{Area 6} > \text{Area 5} > \text{Area 1} = \text{Area 2} = \text{Area 4} > \text{Area 3}$ 。
- 3.圖 5-1 及 5-2 結果可知： Area 6 土粒平均密度 2.00gw/cm^3 為六區中最大，單位體積平均重量 25.72gw ，相對六區是最少的，推測可能是因為此區土粒較大，空隙的整體空間較多。 Area 3 土粒平均密度 1.48gw/cm^3 為六區中最小的，單位體積平均重量 33.28gw ，在六區中相對較重，推測可能是因為此區土粒較小，空隙的整體空間較少。
- 4.圖 5-3：pH 值 $\text{Area 2} > \text{Area 1} > \text{Area 3} = \text{Area 4} = \text{Area 5} > \text{Area 6}$ ，範圍在 $6.9 \sim 7.9$ ，皆適合植物生長。土樣鹽度 $\text{Area 6} > \text{Area 2} > \text{Area 1} > \text{Area 4} > \text{Area 5} > \text{Area 3}$ 。範圍在 $505 \sim 852\mu\text{S/cm}$ ，低於 $2000\mu\text{S/cm}$ 。
- 5.土樣質地分佈由圖 5-4 結果得知： Area 1 及 Area 6 為壤土， Area 2 、 Area 4 及 Area 5 為砂質壤土（含砂成分較多的壤土）， Area 3 為砂質黏壤土。
- 6.圖 5-5：土壤入滲時間 $\text{Area 2} > \text{Area 1} > \text{Area 4} > \text{Area 3} > \text{Area 5} > \text{Area 6}$ 。

本研究欲探討添加高分子材料後的土壤團粒，所以選擇入滲時間差距量最大的兩區 Area 2 及 Area 6 進行後續實驗。

三、聚乙烯醇(PVA)特性之試驗分析

(一)製備 PVA 溶液的發現

1.加熱操作：

(1)加熱操作可以減少配製所需時間，且一邊攪拌一邊將 PVA 緩慢加入水中的操作溶解效果最好，PVA 能快速分散均勻，不至結塊，溶液會先呈白色混濁，混濁變為澄清時即為完全溶解。

(2)配製 20%高濃度 PVA，PVA 量多易結小塊，攪拌石會停止攪拌，觀察發現，溶解所需時間與濃度呈正相關。

2.常溫操作：

(1)考量應用時使用量大，若能在常溫下配製則能減少電能，增加實用性，試做 8%PVA 溶液於常溫下。將 PVA 粉末倒入燒杯後會緩慢吸水浸潤，可間斷攪拌。

(2)燒杯以保鮮膜封口放置陽光下，吸收熱能一日，隔日溶液變為透明。

(3)此常溫配製 PVA 溶液方法確實可行。

(二) PVA 溶液的 pH 值、EC 值關係試驗結果

表 5-3 PVA 溶液濃度與 pH 值、EC 值

分析項目	20%	16%	12%	10%	8%	7%	6%	5%	4%	3%	2%	1%	0%
pH 值	5.8	5.9	6.0	6.0	6.1	5.8	5.8	5.8	6.1	6.0	5.9	6.0	7.0
EC (μ s/cm)	550	540	520	445	380	302	248	261	208	178	132	64	4

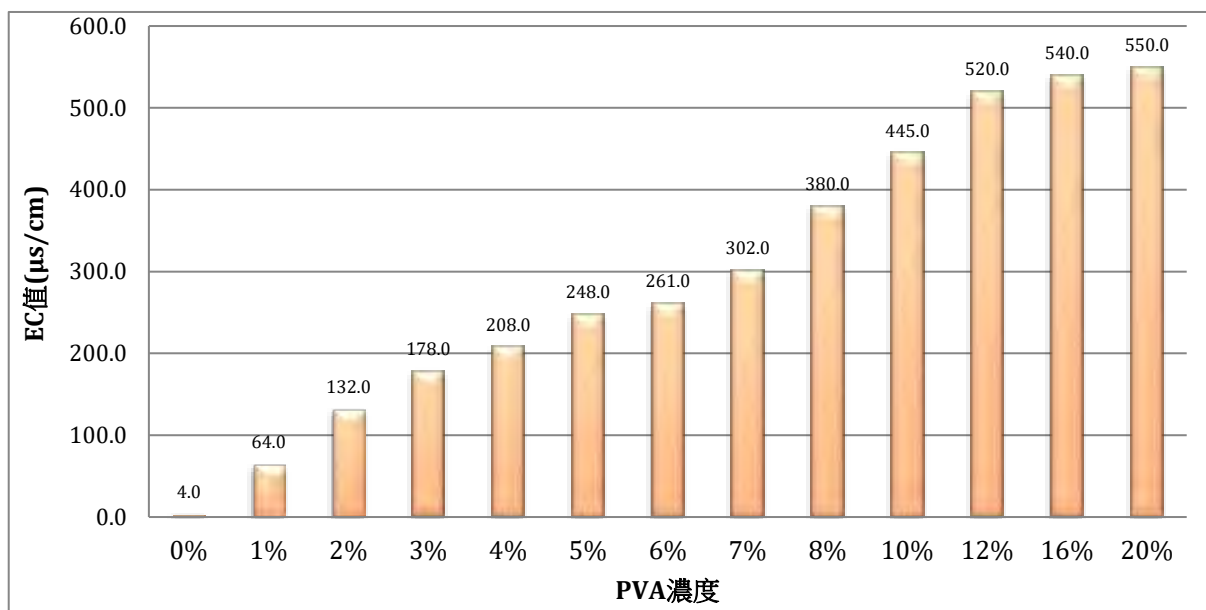


圖 5-6 PVA 濃度與 EC 值之關係圖

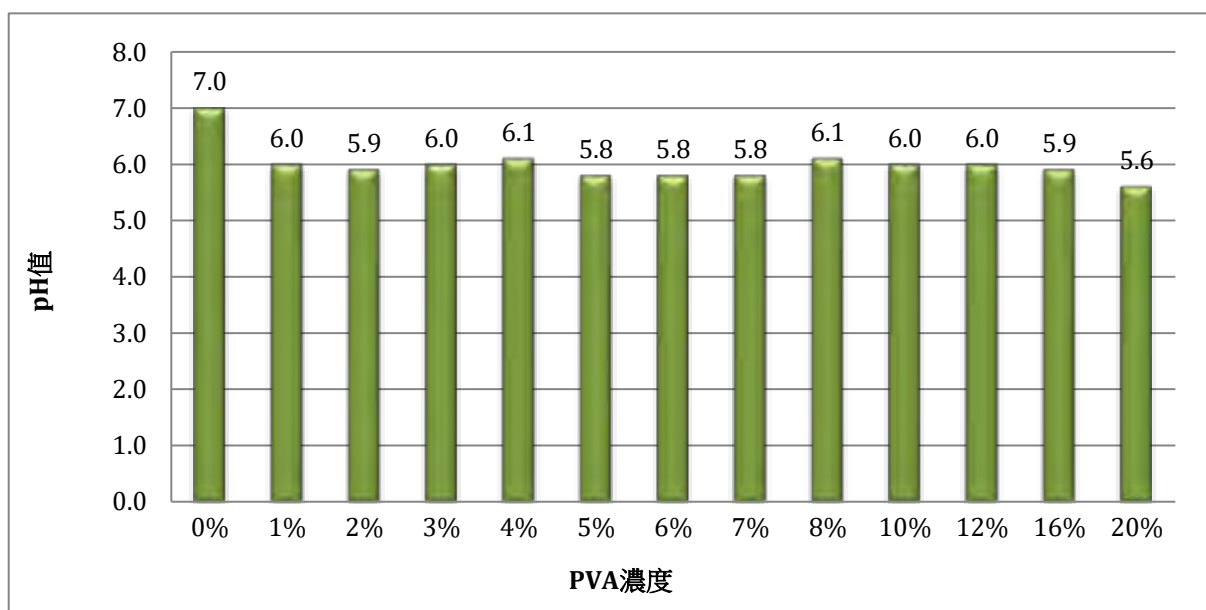


圖 5-7 PVA 濃度與 pH 值之關係圖

(三) PVA 溶液濃度與 pH 值、EC 值關係討論

- 1.圖 5-6 發現：PVA 溶液濃度與 EC 值有關，PVA 濃度越高，EC 值越高。
- 2.圖 5-7 發現：添加 PVA 會降低 pH 值，使溶液呈現弱酸。

四、PVA 與校園土壤團粒之試驗

表 5-4 Area2 土樣混合 PVA 溶液後靜置各分層體積百分比

PVA 濃度	10%	8%	7%	6%	5%	4%	3%	2%	1%
搖勻澄清土體積(%)	18.37	19.39	19.39	17.35	19.39	18.37	19.39	20.41	16.33
搖勻澄清液體體積(%)	1.02	4.69	39.39	50.51	48.47	23.47	55.31	66.63	73.88
搖勻混濁液體體積(%)	80.61	79.59	45.92	37.76	36.73	63.27	31.63	20.41	14.29

表 5-5 Area6 土樣混合 PVA 溶液後靜置各分層體積百分比

PVA 濃度	10%	8%	7%	6%	5%	4%	3%	2%	1%
搖勻澄清土體積(%)	25.00	25.00	24.00	24.00	23.00	25.00	24.00	23.00	21.00
搖勻澄清液體體積(%)	1.00	2.80	7.40	35.60	52.40	51.60	62.40	64.00	71.40
搖勻混濁液體體積(%)	74.00	73.00	71.00	42.00	26.00	25.00	20.00	17.00	14.00



圖 5-8 PVA 溶液與 Area2 土樣混合後靜置 10 分



圖 5-9 PVA 溶液與 Area2 土樣混合後靜置一日



圖 5-10 PVA 溶液與 Area6 土樣混合後靜置 10 分

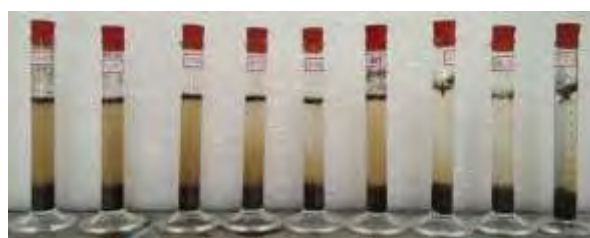


圖 5-11 PVA 溶液與 Area6 土樣混合後靜置一日

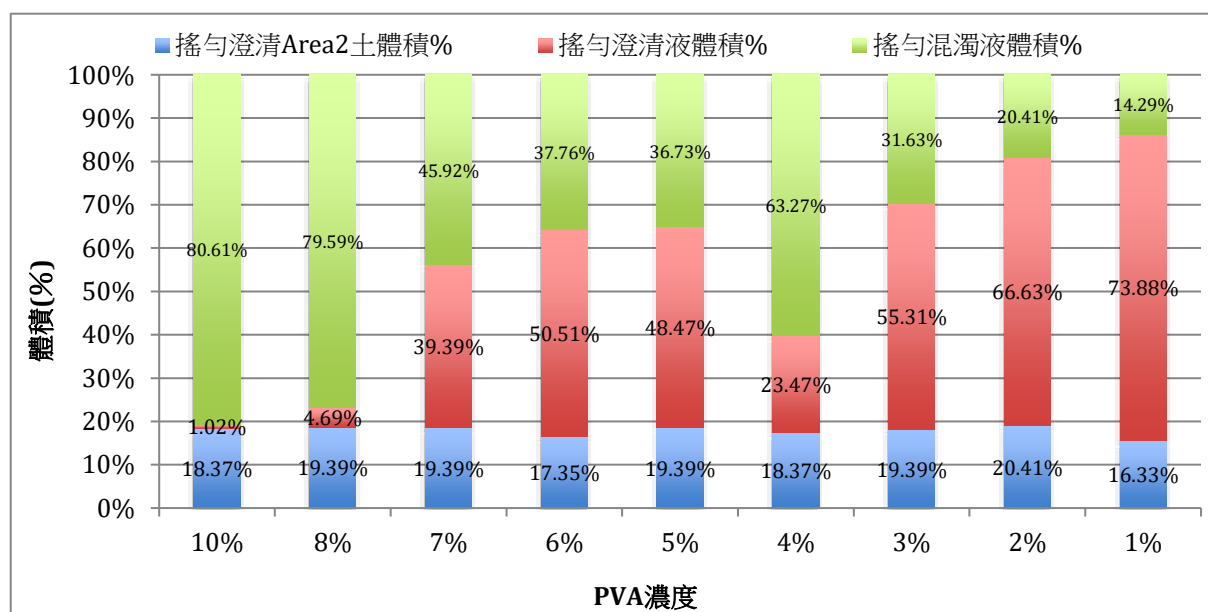


圖 5-12 PVA 溶液與 Area 2 土樣混合靜置後之分佈比例關係圖

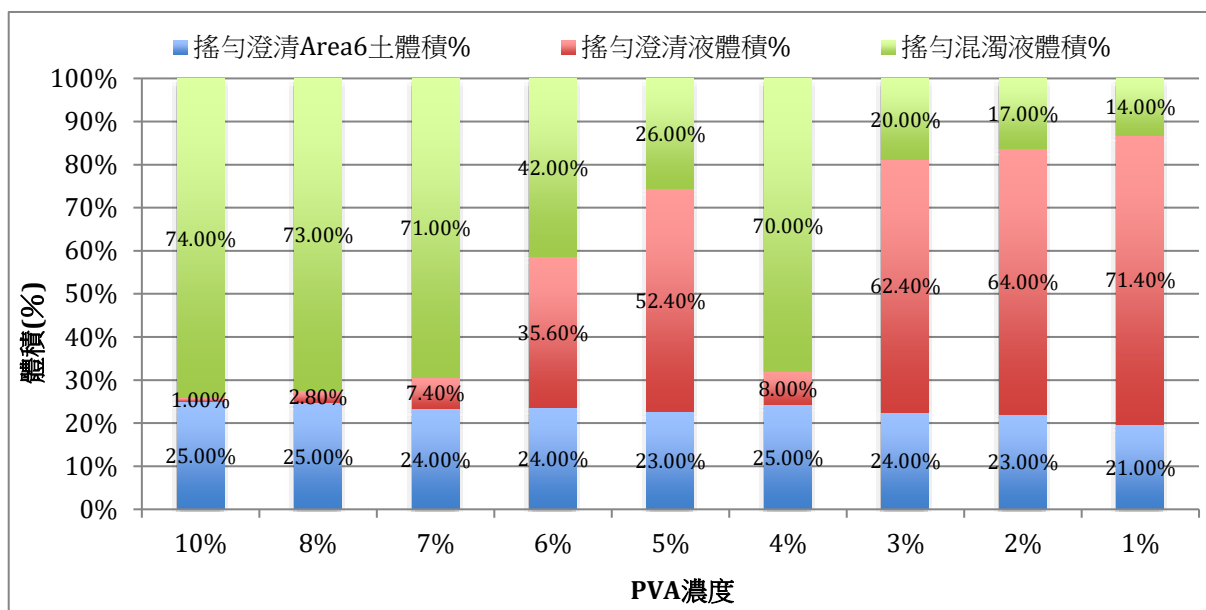


圖 5-13 PVA 溶液與 Area 6 土樣混合靜置後之分佈比例關係圖

(一) PVA 溶液與土樣混合的澄清實驗討論

1. Area 2 的 9 支量筒土樣與 PVA 溶液混合靜置後發現：

團粒效果：1% > 2% > 3% > 5% 相似 6% > 7% > 4% > 8% > 10%。

Area 6 的 9 支量筒土樣與 PVA 溶液混合靜置後發現：

團粒效果：1% > 2% > 3% > 5% > 6% > 4% > 7% > 8% 相似 10%。

2. 團粒化效果趨勢：Area 2 及 Area 6 皆隨著 PVA 溶液濃度降低而增加，Area 2 土樣的團粒化更佳。

3. 4% PVA 溶液在土樣的團粒效果確與 7% PVA 濃度團粒化程度相似，此濃度可在往後繼續探討。

4. 濃度 2% 以下 PVA 溶液與土樣混合後團粒化較佳，故決定再往更低濃度進行探索。

(二)低濃度 PVA 溶液之 pH 值、EC 值結果

表 5-6 低濃度 PVA 溶液的 pH 值、EC 值

濃度	0.0%	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	0.9%	1.0%
pH 值	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	6.9	6.9	6.6	6.7	6.7	6.6
EC(μs/cm)	2	6	6	6	10	10	10	11	18	42	69

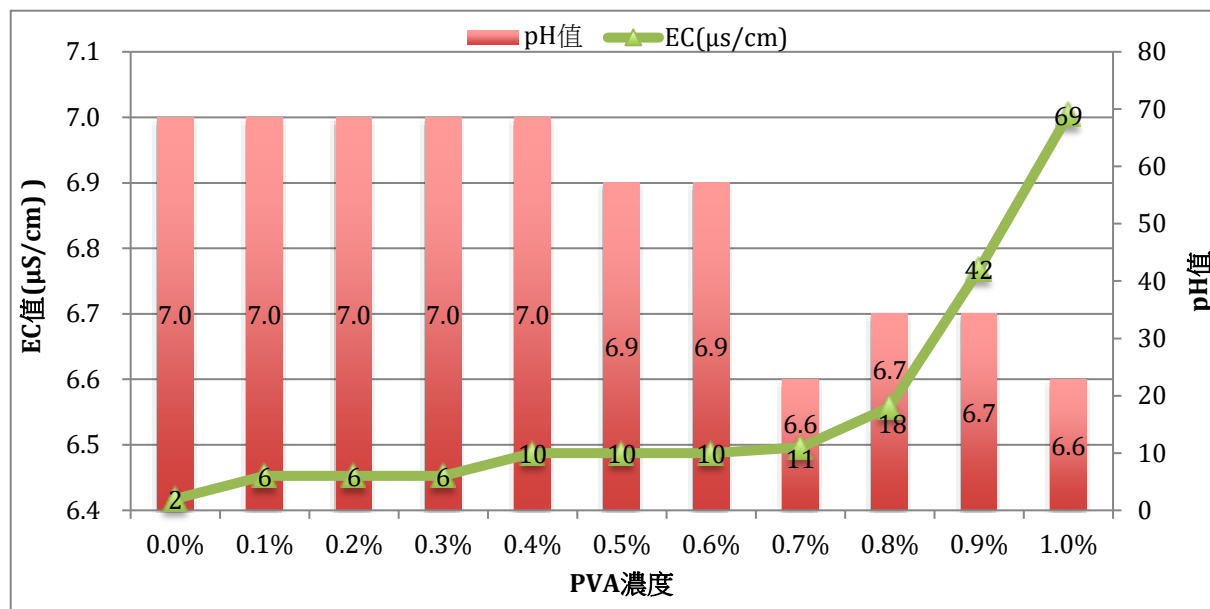


圖 5-14 低濃度 PVA 溶液之 pH 值及 EC 值關係圖

(三)低濃度 PVA 溶液之 pH 值、EC 值實驗討論

1. 圖 5-14 低濃度 PVA 溶液影響土壤 pH 變化不大，明顯變化出現在 0.7% 之後。

2. EC 值在 0.9% PVA 後變化較明顯。

(四)低濃度 PVA 溶液對土樣入滲深度及時間的影響

表 5-7 低濃度 PVA 溶液與 Area 2 及 Area 6 入滲深度結果

入滲深度		CK	PVA _w by W%									
	t(min)	0%	0.10%	0.20%	0.30%	0.40%	0.50%	0.60%	0.70%	0.80%	0.90%	1.00%
A2	2	3.0	3.0	3.4	3.8	3.4	2.5	4.4	3.5	2.4	2.3	3.3
	5	4.8	5.0	5.1	5.7	5.9	4.4	6.7	6.0	4.5	4.4	4.7
	10	7.4	7.8	7.4	8.9	8.1	6.5	7.3	8.1	7.3	5.7	5.5
	15	8.5	8.6	8.7	8.9	8.1	8.2	7.7	9	8.6	7.8	6.0
	20	9.0	9.1	9.1	9.3	9.0	9.1	8.1	9.5	9.3	9.1	6.2
A6	2	3.4	2.0	2.2	3.0	2.9	2.5	2.8	2.8	2.5	2.8	2.5
	5	5.0	3.0	3.6	4.5	3.9	3.8	4.4	3.3	3.7	4.3	4.0
	10	6.4	4.5	5.2	5.5	4.7	4.6	6.1	3.7	5.4	5.9	5.6
	15	6.7	6.0	6.2	6.3	5.3	5.2	7.0	4.1	6.5	6.2	7.1
	20	7.2	6.9	6.7	6.8	5.9	5.5	7.5	4.5	6.7	6.5	7.7
A2 入滲快數量		0	1	2	4	2	0	2	5	1	0	0
A6 入滲快數量		5	0	0	2	1	0	4	0	0	1	2
A2 到底部時間				25 分	32 分		27 分		27 分	25 分		
A6 到底部時間												



圖 5-15 低濃度 PVA 溶液滴入 Area2 土樣入滲狀況



圖 5-16 低濃度 PVA 溶液滴入 Area6 土樣入滲狀況

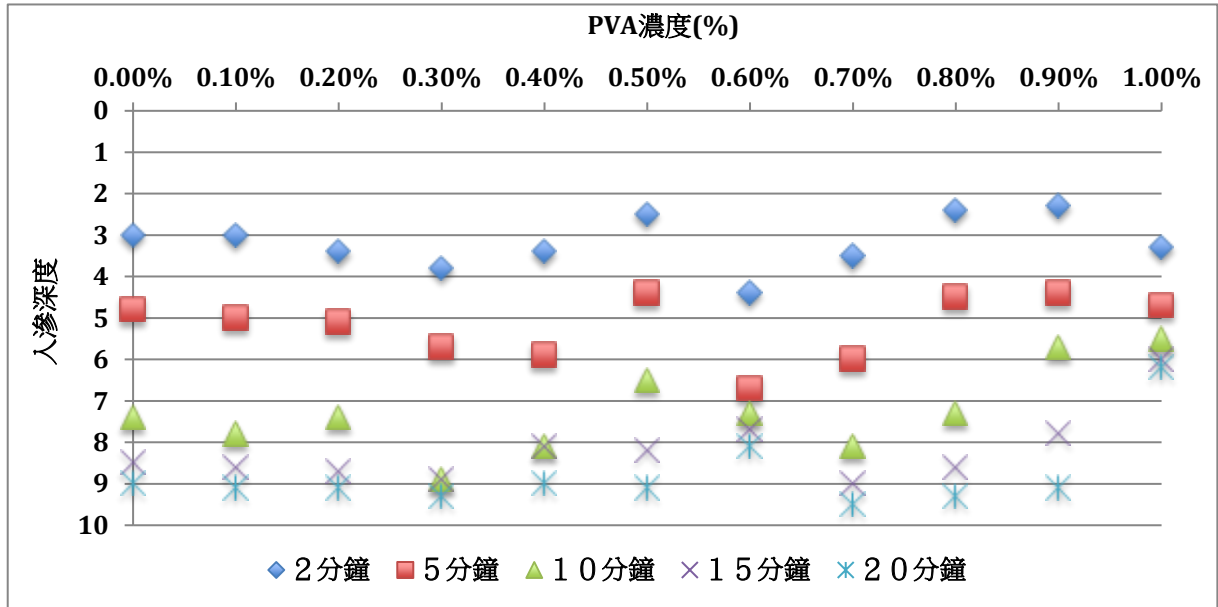


圖 5-17 低濃度 PVA 溶液與 Area 2 土樣入滲實驗關係圖

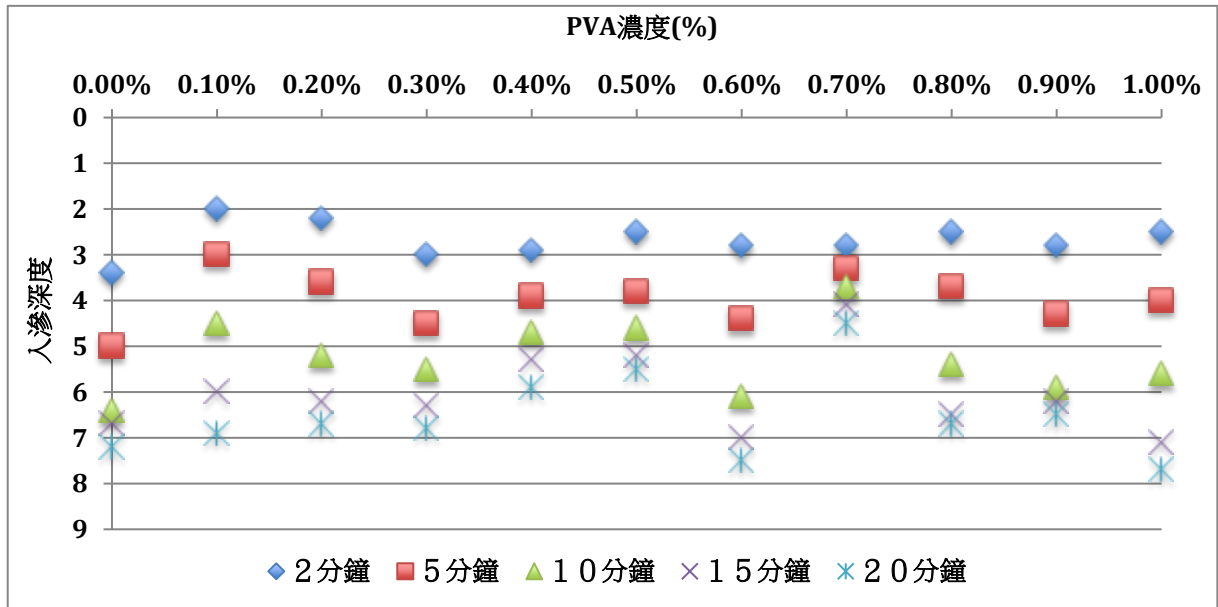


圖 5-18 低濃度 PVA 溶液與 Area 6 土樣入滲實驗關係圖

(五)低濃度 PVA 溶液對土樣入滲深度的影響討論

- 1.由圖 5-17 可得，低濃度的濃度觀察不出明顯的變化趨勢，可在往後將濃度間距增加，再繼續探討 PVA 濃度的入滲時間，了解適宜施作的濃度上限。
- 2.實驗發現 Area 6，0.4%以上的 PVA 溶液在滲透時，會使土樣產生中斷以致於上層的 PVA 水溶液無法再入滲。建議使用濃度低於 0.3%。

(六)低濃度 PVA 溶液對土樣水分散失的影響

表 5-8 低濃度 PVA 溶液澆淋於 Area 2 及 Area 6 的水分散失

		CK	PVA(aq) by W%									
		0%	0.10%	0.20%	0.30%	0.40%	0.50%	0.60%	0.70%	0.80%	0.90%	1.00%
A2	土重+容器重	18.1	19.17	18.07	19.23	19.83	19.56	18.07	18.24	18.97	17.42	18.9
	土+容器+PVA 溶液重	22.02	23.14	22.15	23.19	23.8	23.53	21.82	22.15	23.04	21.66	22.87
	1 天後秤重	18.18	19.17	18.14	19.29	19.87	19.57	18.05	18.21	19.05	17.47	18.96
	天 Δ M	0.08	0.00	0.07	0.06	0.04	0.01	-0.02	-0.03	0.08	0.05	0.06
A6	土重+容器重	18.01	17.86	19.7	18.12	19.37	19.32	19.73	18.11	18.15	19.15	18.29
	土+容器+PVA 溶液重	22.01	21.86	23.73	22.17	23.32	23.38	23.7	22.14	22.05	23.06	22.25
	1 天後秤重	17.99	18	19.84	18.18	19.41	19.39	19.83	18.21	18.25	19.24	18.35
	天 Δ M	-0.02	0.14	0.14	0.06	0.04	0.07	0.10	0.10	0.10	0.09	0.06

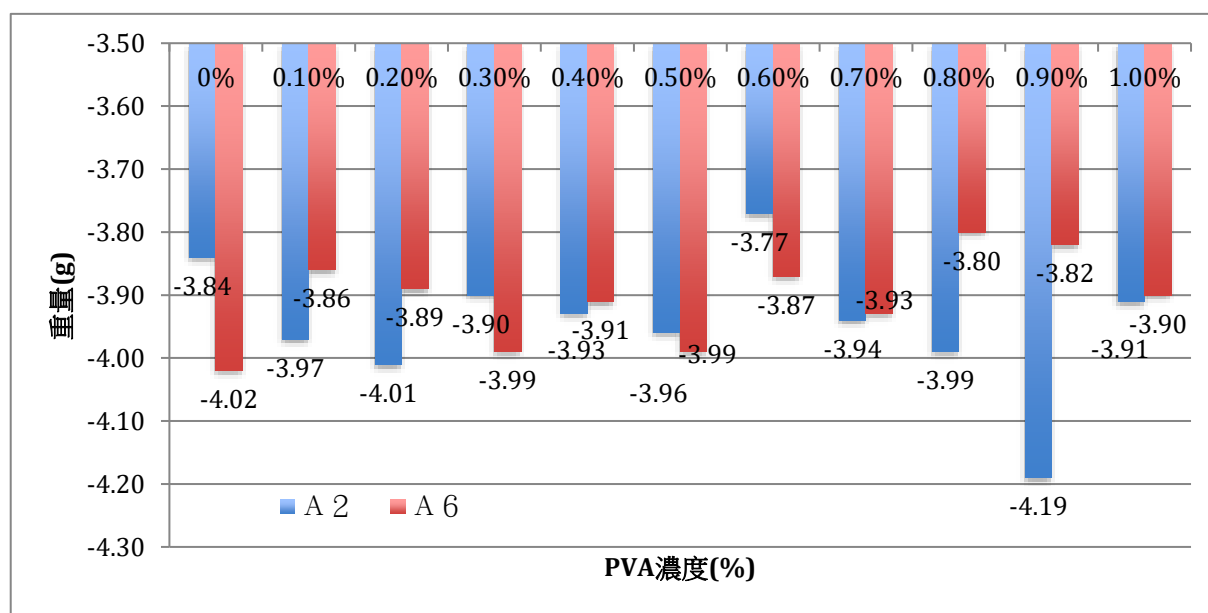


圖 5-19 低濃度 PVA 溶液在 Area 2 及 Area 6 土樣水分散失實驗關係圖

(七) PVA 溶液對土樣水分散失討論

1. Area 2 土樣的蒸發散失無法分辨出明顯的變化，Area 6 的蒸發散失在濃度增加下有降低的趨勢，可增加保水趨勢。

2. 針對 Area 2 的砂質壤土的水分散失量，需再規劃實驗另行進行。

(八) 低濃度 PVA 溶液對綠豆萌芽、生長的影响

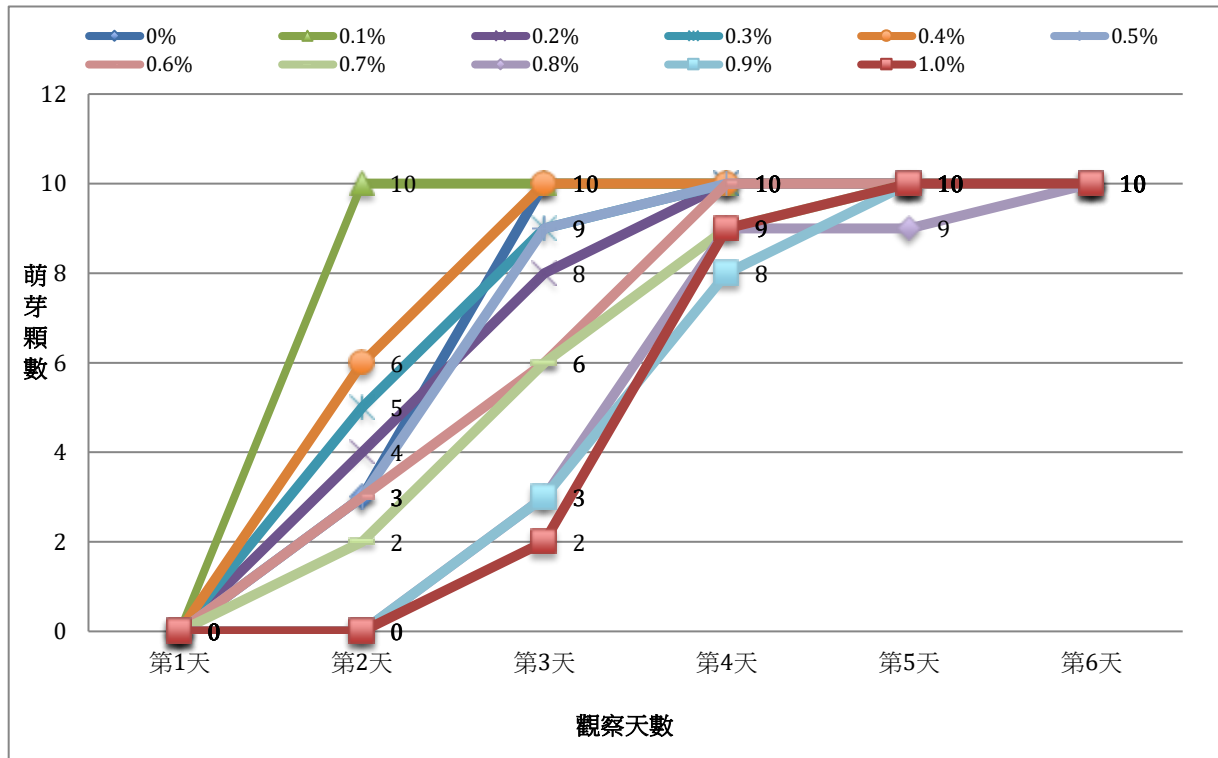


圖 5-20 綠豆於低濃度 PVA 溶液第 1 天至第 6 天萌芽狀況

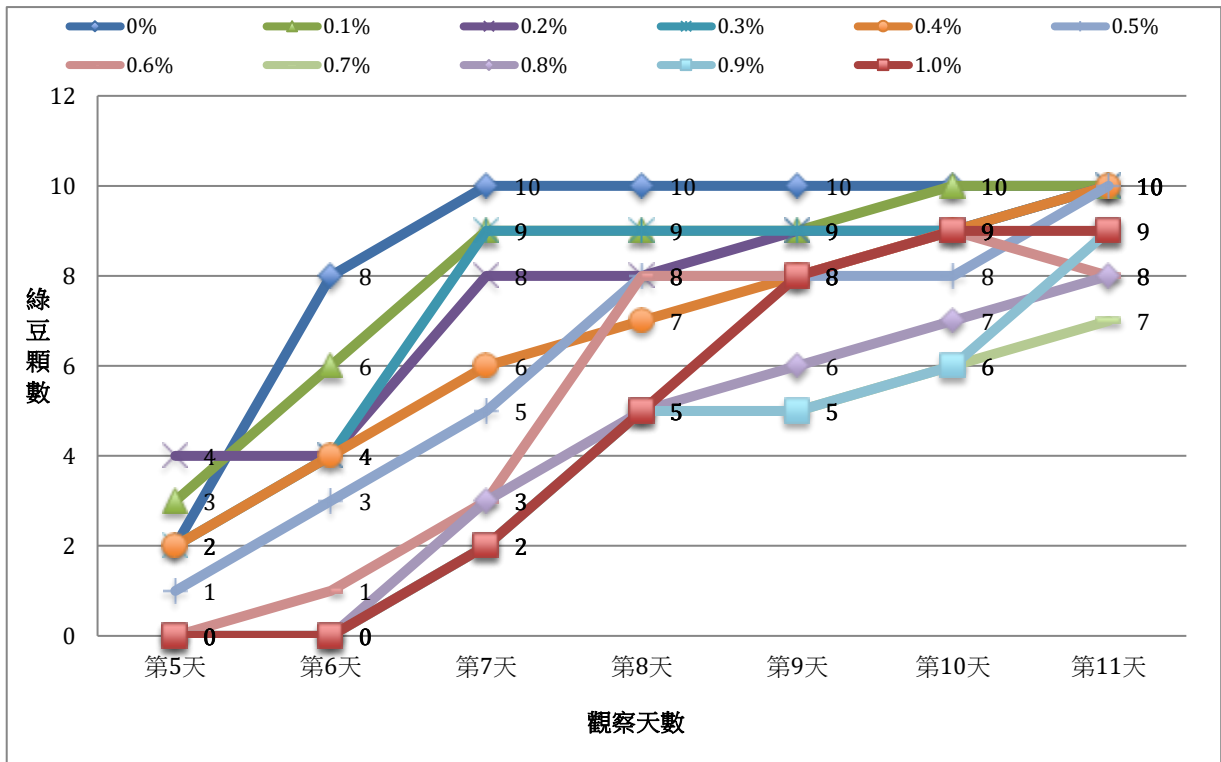


圖 5-21 綠豆莖之長度大於 5 公分以上的顆數

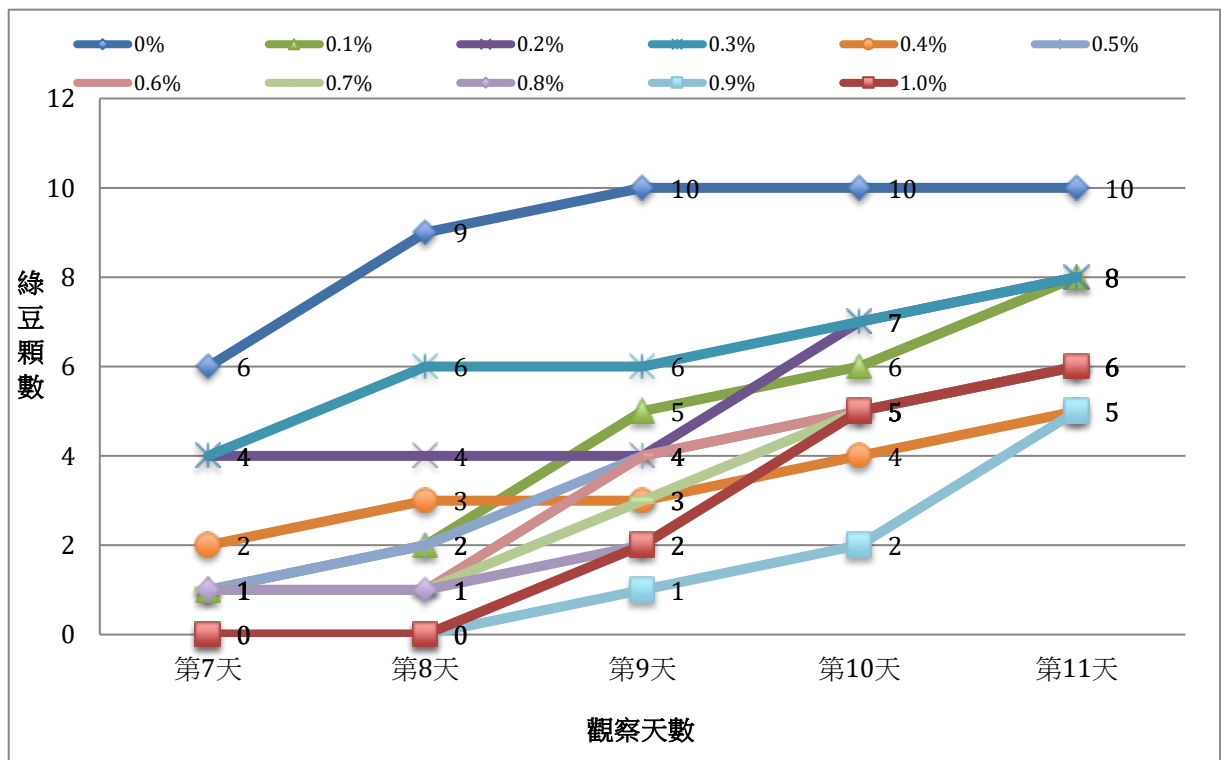


圖 5-22 綠豆莖之長度大於 10 公分以上的顆數

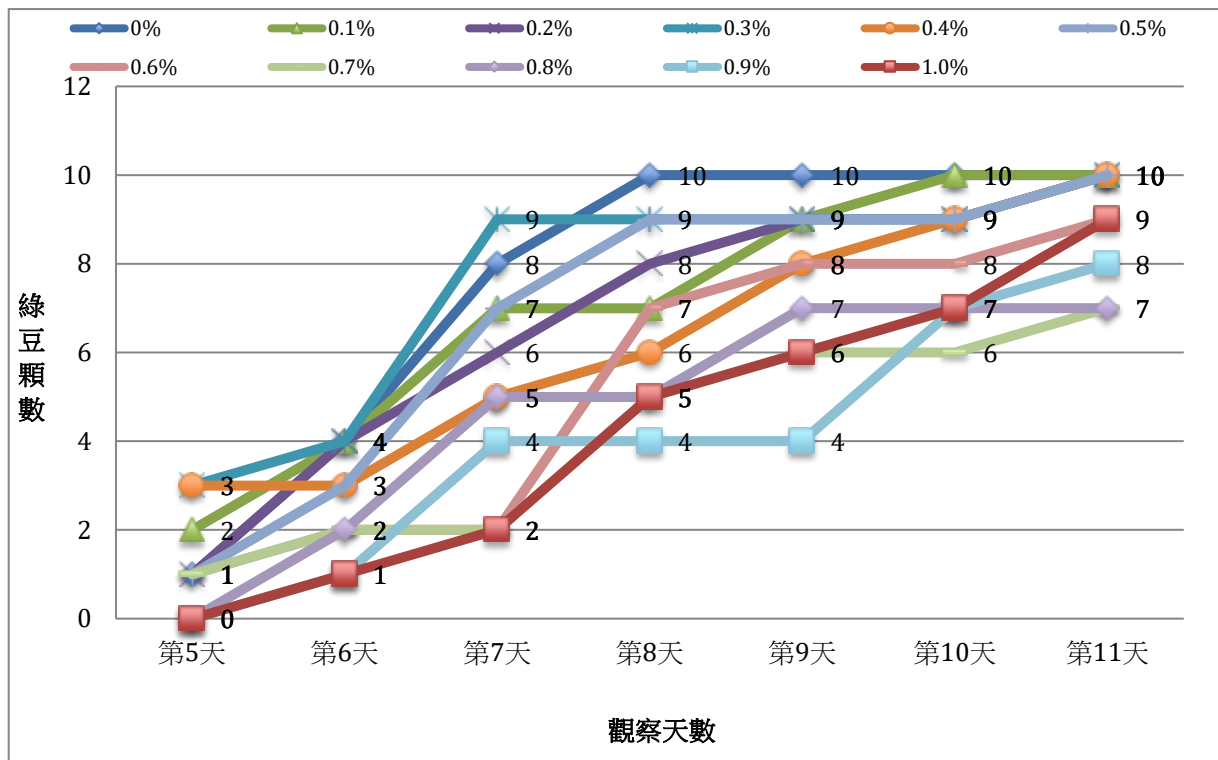


圖 5-23 低濃度 PVA 溶液第 5 天至第 10 天的出現綠葉

(九)低濃度 PVA 溶液對綠豆萌芽、生長關係討論

- 1.由綠豆萌芽與生長試驗可知低濃度 PVA 對種子萌芽與生長的能力，無顯著的負面影響。
- 2.若以保水效果為土質調整優先考量的話，應可以忽略對植物生長的影響。

陸、結論

透過這次土壤分析實驗，我們了解到校園土壤的性質，並藉由它來做實驗，從實驗結果得知，學校土壤的土樣質地分佈 Area 1 及 Area 6 為壤土，Area 2、Area 4 及 Area 5 為砂質壤土，Area 3 為砂質黏壤土。其中砂質黏壤土 Area 3 土粒較小，空隙的整體空間較少。壤土 Area 6 土粒較大，空隙的整體空間較多。六區酸鹼度及 EC 值皆在適合植物生長的範圍。

PVA 溶液濃度越高，EC 值越高，可增加土壤 EC 值。PVA 溶液為弱酸，會降低 pH 值。

因此添加 PVA 溶液於土壤中，可調整土壤的 pH 值及 EC 值。文獻資料聚乙烯醇能為現存環境中的細菌慢慢分解為無毒性的乙酸，最終成為 CO₂ 氣體量不會造成環境的負擔。因此是可以安全應用在改善土壤入滲的高分子聚合物。

聚乙烯醇可溶於水，常溫配置之 PVA 可在溫水下攪拌即能完全溶解，再利用日曬吸收熱量大量配製操作容易，也減少電能消耗。

Area 2 及 Area 6 土樣隨著 PVA 溶液濃度降低團粒化效果更佳。唯 4%PVA 溶液在土樣的團粒效果確與 7%PVA 濃度團粒化程度相似。此部分疑問值得後續探討。

入滲實驗發現 Area 6，0.4%以上 PVA 溶液在滲透時，會使土樣產生中斷以致於上層的 PVA 水溶液無法再入滲。建議使用濃度低於 0.3%。低濃度的濃度觀察不出明顯的變化趨勢，可在往後將濃度間距增加，再繼續探討 PVA 濃度的入滲時間，了解適宜施作的濃度上限。

綠豆萌芽與生長試驗可知低濃度 PVA 對種子萌芽與生長的能力，無顯著的負面影響。若以保水效果為土質調整優先考量的話，應可以忽略對植物生長的影響。

柒、未來展望

- 一、未來期望離開實驗室，做實地施放藥品，觀察離實際應用更進一步的試驗。
- 二、實地施藥時，會受到影響者不一定只有上述幾類，實作時是否對當地生態系統有害、是否有更深層的嚴重危害(如汙染地下水等)皆須觀察。
- 三、植物試驗時，只取用適應力強集合水分保存最為相關的綠豆做實驗，未來期望能做更加全面的研究。

捌、參考資料

- 1.邱于誠、蔡雯鈞、蔡怡如、鍾乙齊（45 屆全國中小學科展）。讓紙尿布綠起來。苗栗縣私立君毅高級中學(附設國中)。
- 2.數位典藏與數位學習國家型科技計畫（無作者，無日期）。2019 年 6 月 8 日，取自：
http://nadm.gl.ntu.edu.tw/nadm/cht/class_detail.php?serial=58&serial_type_1=8&serial_type_2=4&serial_type_3=8
- 3.李峰（無日期）。設施生產自動化技術：第二章、設施內作物之生長與生理。2019 年 6 月 8 日，取自：<http://www.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/Hort/chap02.htm>
- 4.食在很重要(2018)。2018 年 12 月 18 日，取自：<https://www.kskk.org.tw/food/>
- 5.土壤構造(2002)。雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網。2018 年 11 月 3 日，取自：
<http://terms.naer.edu.tw/detail/1316044/>
- 6.黃瑞彰(2017)。土壤健康與植物營養診斷。豐年。67(8)。
- 7.吳丞哲、范綺真、劉祈賢、楊萬榆、卓彥好、楊詒婷（58 屆全國中小學科展）。「硼」聯「醇」合 — 聚乙炔醇和硼砂的交聯作用研究。桃園市桃園區建國國民小學。
- 8.塑膠工業技術發展中心(2003)，「塑膠物語：聚乙炔醇」，塑膠 e 學苑。2018 年 11 月 5 日，取自
<http://psdn.pidc.org.tw/ike/doclib/2003/2003doclib/2003ike47-0/2003ike47-0-307.asp>
- 9.江孟玲、林昭遠、林政侑(2017)。高分子材料應用於揚塵抑制之功能性評估。水土保持學報 49(1): 1963–1978。
- 10.第二節：土壤組成及物理、化學及生物性質(2019)。
https://market.cloud.edu.tw/content/vocation/garden/ul_ag/library/ch2/232.htm

【評語】 030216

此研究作品詳盡地探討高分子聚合物聚乙炔醇對於土壤的保水作用的增進與相關土壤物理性質的影響。研究中仔細地檢測土壤的物理性質，包括重量、密度、養份與 pH 值，並且有組織、清楚地彙整出表單 5-2。之後，透過土樣入滲分析與土樣水分散失等兩項因素評估聚合物聚乙炔醇對於土壤的保水作用。然而研究中所得到的結果看不出聚乙炔醇對於土壤的入滲深度與水分保存有任何正向的關係，反而提高土壤中的電導度與降低土壤的 pH 值。建議一開始應該測試不同的高分子聚合物，先找影響力最大的聚合物，之後再針對各項的因素進行探討。另外研究中有配置高濃度的聚乙炔醇，例如 20% PVA，可是在條件探討時卻僅對於低濃度的聚乙炔醇進行研究。最後在研究報告中應該要有聚乙炔醇對於土壤作用的機制圖，以方便了解此研究主要的概念，對環境是否有衝擊宜也多做實驗證明。

壹、研究動機與目的

有一天看到同學在幫班上盆栽澆水，發現有相當的水流失掉了，所以就連想到澆在校園草地裡的水是不是也大量的流失了。在台灣，水資源是相當珍貴的，**如果能讓土壤更有效保持水分**，這樣就可以**減省水資源**，也可**減少維護植栽的工作量**。

查詢文獻發現^[1]，利用化學材料**填塞土壤空隙**，在土壤表層或土壤內部形成緻密層，減少水分向深層下滲，使降雨或水分就地入滲。邱于誠、蔡雯鈞、蔡怡如、鍾乙齊^[2]利用切碎紙尿布當介質混入泥炭土中，發現能有效延長鐵線蕨及圓幣草之澆水時間間隔，延長土壤保水時間。經查近年來國內外常用於土壤的化學材料有聚丙烯酸(PAA)、聚丙烯胺(PAM)、聚乙烯醇(PVA)、聚乙二醇(PEG)以及木質素類聚合物等。基於**聚乙烯醇價格便宜、容易取得**，決定先從聚乙烯醇作為本次主要試驗材料，探討其對土壤的影響。但是面對孕育萬物生命且又在我們

們周邊的“土壤”，才發現我們跟它竟然一點都不熟。

這次研究我們從**校園土壤**著手，除了取用方便也可了解身邊的土壤。綜合上述研究動機，本研究目的分述如下：

一、瞭解校園土壤的組成及其理化性質。

(一)瞭解土壤的定義及特性。

(二)採集校園土壤，探討各區土壤的型態與性質。

二、探討不同重量百分濃度聚乙烯醇溶液對土樣影響。

(一)耗電操作與照光操作配置 PVA 溶液。

(二)不同濃度 PVA 溶液的 pH 值及 EC 值試驗。

(三)找出何種 PVA 濃度最適合土壤？靜置澄清實驗。

(四)低濃度 PVA 溶液的 pH 值及 EC 值。

(五)低濃度 PVA 溶液與土樣入滲深度與時間的關係。

(六)低濃度 PVA 溶液對土樣水分散失的影響。

(七)低濃度 PVA 溶液對綠豆萌芽、生長的影響。

貳、研究器材及設備

校園土壤、電子天平、蒸餾水、加熱攪拌器、土鏟、燒杯、pH 及 EC 測試筆、1mm 細目濾網、錶玻璃、攪拌石、漏斗、量筒、滴管、玻棒、濾紙、聚乙烯醇 (PVA-BP05)

■ 聚乙烯醇^[3]



英文名 Poly Vinyl Alcohol，簡稱 PVA。

是我們最熟悉的一種水溶性高分子。

一、結構

一種鏈狀高分子聚合物，由**乙烯醇**的單體組合而成，其結構式如圖 2-2，含有 -OH 的官能基（羥基）。乙烯醇的單體在自然界中相當不穩定，因此不能從單體乙烯醇製備，必須利用聚醋酸乙烯酯在鹼的作用下與甲醇反應製得，此過程稱為「水解」，又稱「皂化」或「醇解」。



圖 2-1 聚乙烯醇

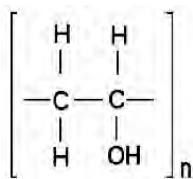


圖 2-2 PVA 結構式

二、PVA 的物理性質

(一)外觀：白色到微黃色，顆粒或粉狀。

(二)比重：1.26 ~ 1.31。

(三)分子量：27000 ~ 32000。

(四)水溶性：PVA 能溶解於含有羥基的極性溶液中，如甘油、乙二醇、醋酸、乙醛、苯酚，但易形成凝膠

狀。而不溶於一般非極性有機溶劑及無機酸中，如硫酸、鹽酸等溶液。

(五)水溶液溶解度：PVA 對水的溶解度隨著水溫增加而升高，**水是聚乙烯醇的最好溶劑**。完全水解的 PVA 在主鏈(碳鏈)上含有大量羥基(-OH)，羥基會和水分子形成氫鍵，造就 PVA 成為可以溶於水的高分子材料，但完全羥基化時分子間和分子內形成大量氫鍵，物理交聯點多，密度高，導致 PVA 結晶度高，不利於水分子滲入。因此若要提高 PVA 的水溶性必須降低聚合分子間的親和力，其一般有增加羥基間的距離或降低羥基含量等兩種方法。

三、PVA 的化學性質

(一)耐化學性：PVA 於常溫下，溶液的 pH 值略偏酸性 (pH5 ~ 7)，弱酸或弱鹼中黏度穩定，黏度也較穩定，但長時間加熱至 80 ~ 100°C 以上，則出現析出現象，在強酸如濃硫酸中則被水解。不易光分解，具有生物降解性。

(二)耐熱性：受熱軟化，加熱至 130 ~ 140°C 時性質幾乎不變，唯色澤變黃。在 160°C 下長期加熱，顏色變深，200°C 時分子間脫水，使水溶性降低。200°C 以上分子內脫水，使水溶性降低。

參、研究過程與結果

一、研究架構



二、重要名詞

(一)土壤(soil)：土壤是地球表面由岩石風化而成的疏鬆層，多數由黏土礦物組成並含有空氣、水分和腐植質，而且有微生物活躍在中間，土壤能支持植物的生長並供給其養分。

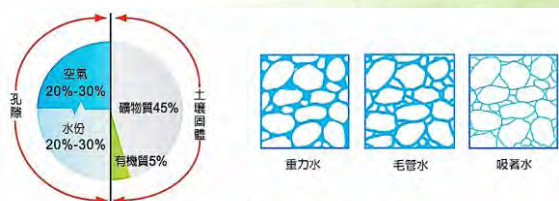


圖 3-1 理想的土壤組成及土壤中的各種水

(二)土壤質地：意指土壤顆粒大小。最大的顆粒是砂 (sand)，其次是壤土 (silt)，最細的是黏土 (clay)。

砂質土壤孔隙大，吸水快、排水也快，營養成分不太容易留住；黏土正好相反，孔隙小、吸水慢、土中的水分及營養成分也難以讓植物吸收。

(三)土壤 pH 值：藉由礦物質鹽類的溶解度和土壤微生物的活動等，影響植物的營養與生長。當土壤 pH 值為 5.5 ~ 7.5 時，對大多數植物的生長均極適合。若 pH 值在 6.5 附近，各種元素的有效性最高，因此，調整土壤 pH 值是改善土壤養分情況最有效、且快速的方法。

(四)土壤中養分：養分濃度越高，有效性也越高，但如果太高也將影響植物生長。一般會以土壤的飽和抽出液來診斷土壤有無鹽害，當土壤電導度 (EC) 大於 4000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (4ds/m)者，稱之為鹽土，大多數作物會因此生長受阻。

(五)團粒化：指土粒被有機質「黏」成一個一個的小球狀，土壤顆粒間的孔隙較小，可以保水；團粒與團粒間的孔隙較大，可以透氣。因此團粒結構能夠保證植物的根的良好生長，適合作物的生長。

三、採集校園土壤，探討各區土壤的型態與性質

(一)土壤分區調查及採樣：研究選定編號 1-6 區進行採樣。

土壤區域	13:00 直曬	有大塊礫石	土比砂多	人為踩踏	採樣
Area 1	×	○	○	○	是
Area 2	×	×	×	○	是
Area 3	○	○	○	○	是
Area 4	×	×	×	×	是
Area 5	×	×	×	○	是
Area 6	○	×	○	○	是
Area 7	○	○	○	○	否
Area 8	○	○	○	○	否



圖 3-2 校園土壤分區圖(部分區域施工中無法進入)

(二)測定分區土樣性質：重量、密度、養分、pH、質地、入滲。



圖 3-3 六區土樣過篩裝瓶



圖 3-4 六區土樣過篩後大於 1mm 的土壤

表 3-2 六區土樣的基本理化性質

分析項目	單位體積重量 (gw)	密度 (gw/cm ³)	pH 值	EC 值 (μS/cm)	入滲時間(sec)	重量(%)			質地
						砂粒 sand	粉粒 Silt	粘粒 Clay	
Area 1	29.40	1.54	7.2	719	223.66	39.13	43.48	17.39	壤土
Area 2	32.80	1.54	7.9	788	566.15	57.14	37.14	5.71	砂質壤土
Area 3	33.28	1.48	7.2	505	154.17	62.50	15.63	21.88	砂質黏壤土
Area 4	33.12	1.54	7.2	638	198.53	54.05	37.84	8.11	砂質壤土
Area 5	30.51	1.82	7.1	520	88.25	62.86	37.14	0.00	砂質壤土
Area 6	25.72	2.00	6.9	852	44.41	40.00	40.00	20.00	壤土

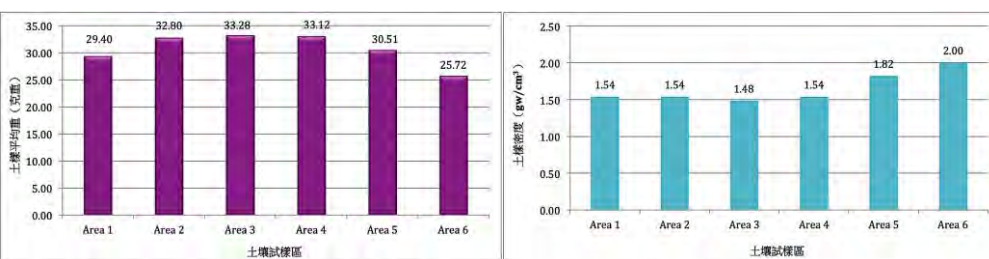


圖 3-5 土樣的單位體積的平均重量(瓶重 11.58gw, 容積 2.80cm³)

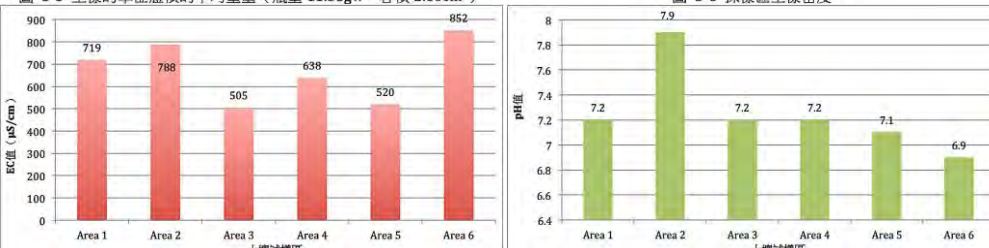


圖 3-6 採樣區土壤密度

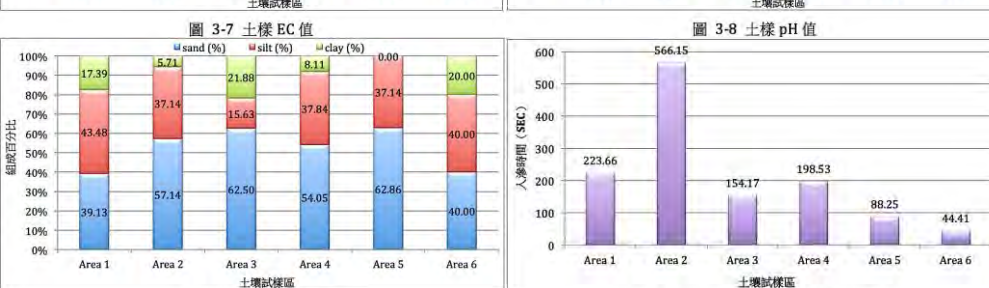


圖 3-7 土壤 EC 值



圖 3-8 土壤 pH 值

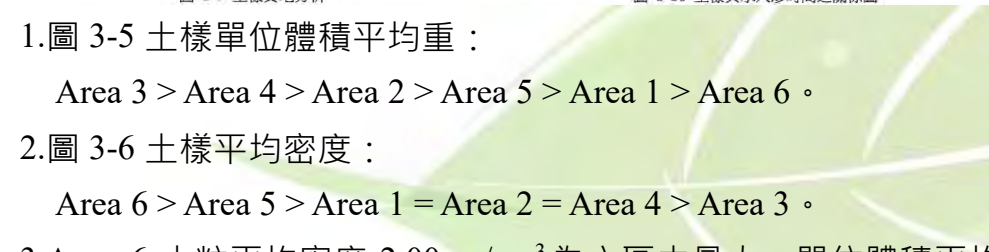


圖 3-9 土壤質地分析

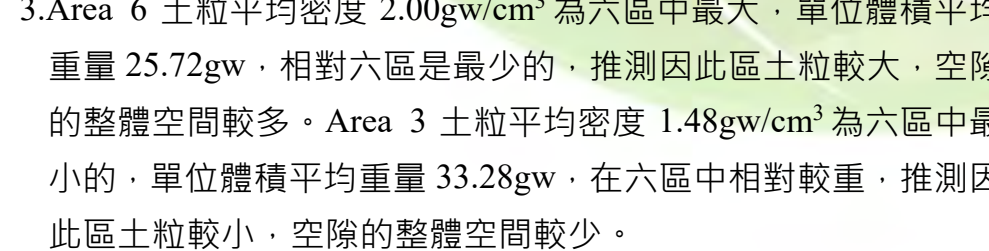
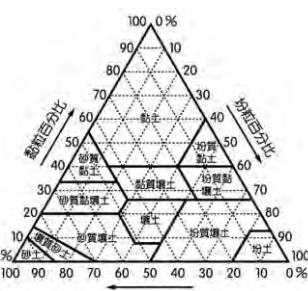


圖 3-10 土壤與水入滲時間之關係圖

- 圖 3-5 土樣單位體積平均重：
Area 3 > Area 4 > Area 2 > Area 5 > Area 1 > Area 6。
- 圖 3-6 土樣平均密度：
Area 6 > Area 5 > Area 1 = Area 2 = Area 4 > Area 3。
- Area 6 土粒平均密度 2.00gw/cm³ 為六區中最大，單位體積平均重量 25.72gw，相對六區是最少的，推測因此區土粒較大，空隙的整體空間較多。Area 3 土粒平均密度 1.48gw/cm³ 為六區中最小的，單位體積平均重量 33.28gw，在六區中相對較重，推測因此區土粒較小，空隙的整體空間較少。
- 圖 3-7 土樣鹽度趨勢為 Area 6 > Area 2 > Area 1 > Area 4 > Area 5 > Area 3。範圍在 505 ~ 852 μS/cm，低於 2000 μS/cm。
- 圖 3-8 pH 值趨勢為 Area 2 > Area 1 > Area 3 = Area 4 = Area 5 > Area 6，範圍在 6.9 ~ 7.9，皆適合植物生長。
- 土樣質地分佈由圖 3-9 結果查詢美國農業部土壤質地三角圖得知：Area 1 及 Area 6 為壤土，Area 2、Area 4 及 Area 5 為砂質壤土(含砂成分較多的壤土)，Area 3 為砂質黏壤土。
- 圖 3-10 土壤入滲時間 Area 2 > Area 1 > Area 4 > Area 3 > Area 5 > Area 6。本研究欲探討添加高分子材料後土壤團粒，所以選擇入滲時間差距最大兩區 Area 2 及 Area 6 進行實驗。



圖：美國農業部土壤質地三角圖
(from <https://www.learnmode.net/upload-clip/book/a77e4836d429a8b8688e36a73cb2.pdf>)

二、探討不同重量百分濃度聚乙烯醇溶液對土樣的影響

(一)耗電操作與照光操作配置 PVA 溶液

- 耗電加熱操作可減少配製所需時間，一邊攪拌並分次將 PVA 粉末緩慢加入可減少結塊發生。
- 試做 8% PVA 溶液，濃度高不易溶解，燒杯以保鮮膜封口置陽光下，吸收熱能一日，隔日溶液變為透明，此法可減少電能消耗。

(二)不同濃度 PVA 溶液的 EC 值及 pH 值

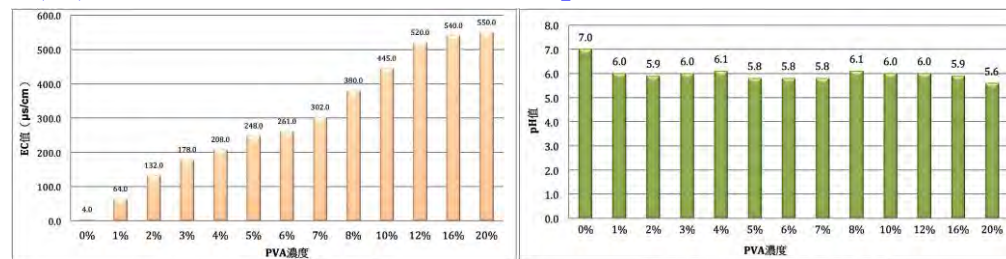


圖 3-11 PVA 濃度與 EC 值之關係圖

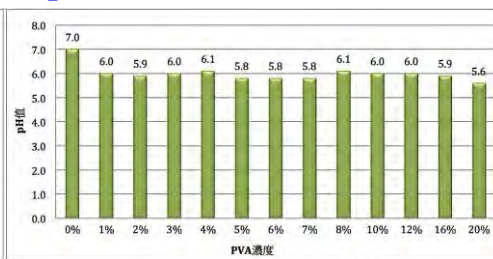


圖 3-12 PVA 濃度與 pH 值之關係圖

- 圖 3-11 發現 PVA 濃度越高，EC 值越高。
- 圖 3-12 發現添加 PVA 會降低 pH 值，使溶液呈現弱酸。

(三)不同濃度 PVA 溶液與校園土樣 Area 2 及 Area 6 之靜置試驗

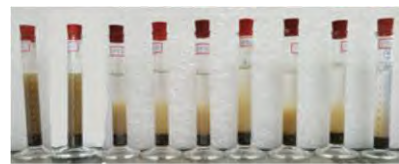


圖 3-13 PVA 溶液與 Area 2 土樣混合後靜置 10 分



圖 3-14 PVA 溶液與 Area 2 土樣混合後靜置一日

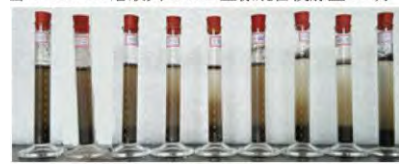


圖 3-15 PVA 溶液與 Area 6 土樣混合後靜置 10 分

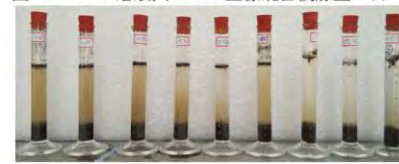


圖 3-16 PVA 溶液與 Area 6 土樣混合後靜置一日

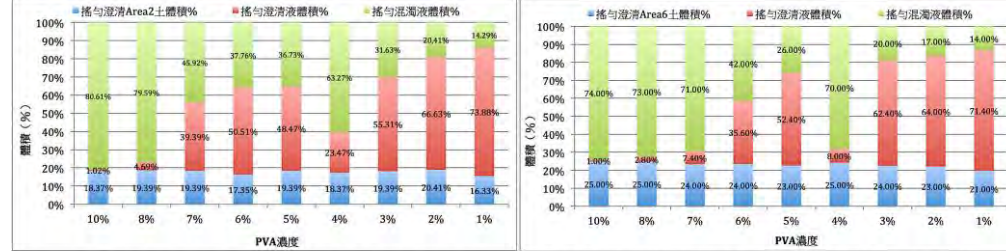


圖 3-17 PVA 溶液與 Area 2 土樣混合靜置後之分布比例關係圖

圖 3-18 PVA 溶液與 Area 6 土樣混合靜置後之分布比例關係圖

- Area 2 的 9 支量筒土樣與 PVA 溶液混合靜置後發現：
團粒效果：1% > 2% > 3% > 5% 相似 6% > 7% > 4% > 8% > 10%。
Area 6 的 9 支量筒土樣與 PVA 溶液混合靜置後發現：團粒效果：
1% > 2% > 3% > 5% > 6% > 4% > 7% > 8% 相似 10%。
- 團粒化效果趨勢：Area 2 及 Area 6 皆隨著 PVA 溶液濃度降低而增加，Area 2 土樣的團粒化更佳。
- 3.4% PVA 溶液在土樣的團粒效果確與 7% PVA 濃度團粒化程度相似，因此 4% 濃度可列為後續研究項目。
- 濃度 2% 以下 PVA 溶液與土樣混合後團粒化較佳，故往更低濃度進行探索。

(四)低濃度 PVA 溶液的 EC 值及 pH 值

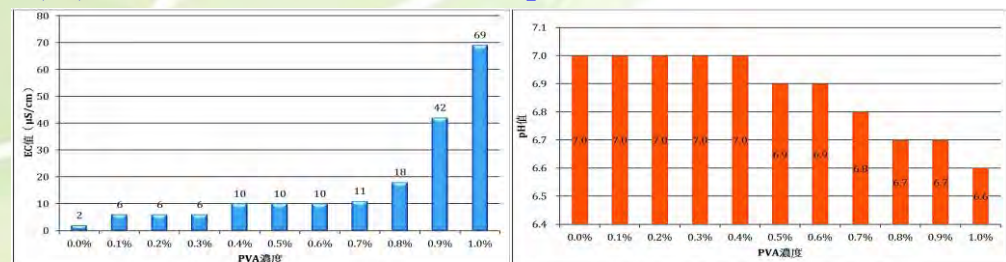


圖 3-19 低濃度 PVA 溶液之 EC 值關係圖

圖 3-20 低濃度 PVA 溶液之 pH 值關係圖

- 圖 3-19 低濃度 PVA 溶液 EC 值，0.8% 後變化逐漸明顯。
- 圖 3-20 低濃度 PVA 溶液 pH 值在 0.5% 之後，呈現弱酸趨勢。

(五)低濃度 PVA 溶液與 Area 2 及 Area 6 土樣入滲深度與時間關係



圖 3-21 低濃度 PVA 溶液滴入 Area 2 土樣入滲狀況



圖 3-22 低濃度 PVA 溶液滴入 Area 6 土樣入滲狀況

入滲深度	CK	PVA _{aq} by W%										
		0%	0.10%	0.20%	0.30%	0.40%	0.50%	0.60%	0.70%	0.80%	0.90%	1.00%
A2	t(min)	3.0	3.0	3.4	3.8	3.4	2.5	4.4	3.5	2.4	2.3	3.3
	2	4.8	5.0	5.1	5.7	5.9	4.4	6.7	6.0	4.5	4.4	4.7
	5	7.4	7.8	7.4	8.9	8.1	6.5	7.3	8.1	7.3	5.7	5.5
	15	8.5	8.6	8.7	8.9	8.1	8.2	7.7	9	8.6	7.8	6.0
	20	9.0	9.1	9.1	9.3	9.0	9.1	8.1	9.5	9.3	9.1	6.2
A6	2	3.4	2.0	2.2	3.0	2.9	2.5	2.8	2.8	2.5	2.8	2.5
	5	5.0	3.0	3.6	4.5	3.9	3.8	4.4	3.3	3.7	4.3	4.0
	10	6.4	4.5	5.2	5.5	4.7	4.6	6.1	3.7	5.4	5.9	5.6
	15	6.7	6.0	6.2	6.3	5.3	5.2	7.0	4.1	6.5	6.2	7.1
	20	7.2	6.9	6.7	6.8	5.9	5.5	7.5	4.5	6.7	6.5	7.7
A2 入滲快數量	0	1	2	4	2	0	2	5	1	0	0	
A6 入滲快數量	5	0	0	2	1	0	4	0	0	1	2	
A2 到底部時間			25 分	32 分			27 分		27 分	25 分		
A6 到底部時間												

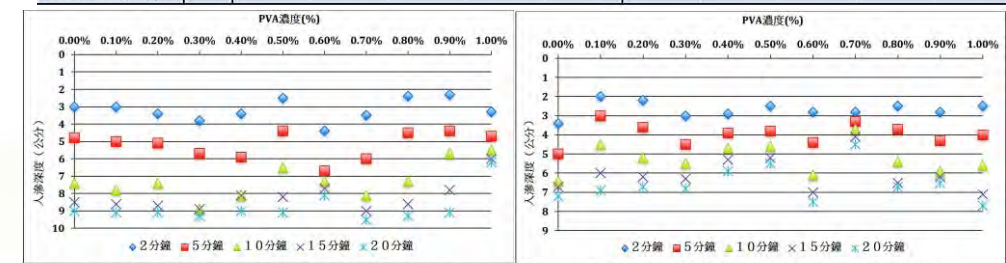


圖 3-23 低濃度 PVA 溶液與 Area 2 土樣入滲實驗關係圖

圖 3-24 低濃度 PVA 溶液與 Area 6 土樣入滲實驗關係圖

- 圖 3-23 低濃度 PVA 在 Area 2 入滲 20 分鐘皆達 8cm，管柱無斷層。
- 圖 3-22 及 3-24 發現 Area 6，20 分鐘時多數在 5 ~ 7cm，0.4% 以上的 PVA 溶液在入滲時，會使土樣產生中斷以致於上層的 PVA 水溶液無法再入滲。建議 Area 6 土樣可使用濃度低於 0.3%。

(六)低濃度 PVA 溶液對土樣水分散失的影響

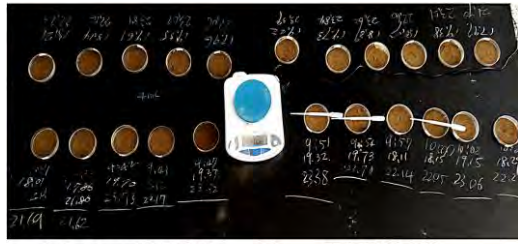


圖 3-25 PVA 溶液澆淋在 Area 2 及 Area 6 之水分散失實驗

表 3-4 低濃度 PVA 溶液澆淋於 Area 2 及 Area 6 的水分散失

Area	α	PVA(aq) by W%										
		0%	0.10%	0.20%	0.30%	0.40%	0.50%	0.60%	0.70%	0.80%	0.90%	1.00%
Area 2	土+容器+PVA 溶液重	37.40	37.50	35.80	35.70	37.40	37.50	36.90	37.30	36.00	35.90	36.00
	1 天後秤重	33.00	33.50	31.70	31.70	33.50	33.40	32.50	33.00	31.40	31.20	31.50
	天 ΔM	-4.40	-4.00	-4.10	-4.00	-3.90	-4.10	-4.40	-4.30	-4.60	-4.70	-4.50
Area 6	土+容器+PVA 溶液重	36.30	37.50	35.70	35.70	37.30	37.10	35.50	37.30	37.50	36.70	35.70
	1 天後秤重	31.50	33.80	31.60	31.50	33.20	33.10	31.40	33.00	33.40	32.40	31.10
	天 ΔM	-4.80	-3.70	-4.10	-4.20	-4.10	-4.00	-4.10	-4.30	-4.10	-4.30	-4.60

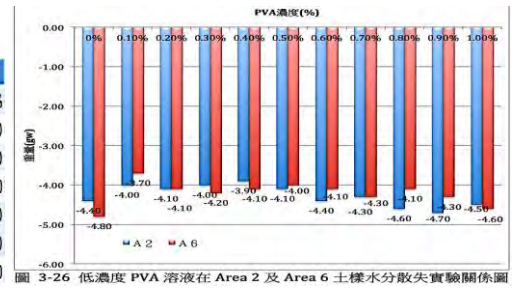


圖 3-26 低濃度 PVA 溶液在 Area 2 及 Area 6 土壤水分散失實驗關係圖

1. 添加 PVA 溶液至各區土樣發現水分散失量皆低於 0% PVA 溶液，推測添加低濃度 PVA 溶液可增加土樣保水。
2. Area 6 土樣添加 0% PVA 溶液，水分散失量較 Area 2 多，推測土粒整體空間較多，水分散失較快。
3. 添加 PVA 溶液的實驗中，Area 6 土樣添加低濃度 PVA 溶液的散失量較 Area 2 土樣低。又以 0.1% PVA 溶液散失量最少。推測 Area 6 壤土土樣的保水效果在 0.1% 最好。
4. 針對 Area 2 的砂質壤土的水分散失量，依數據得知低濃度 0.1% ~ 0.4% 的保水效果較明顯。

(七)低濃度 PVA 溶液對綠豆萌芽、生長的影響

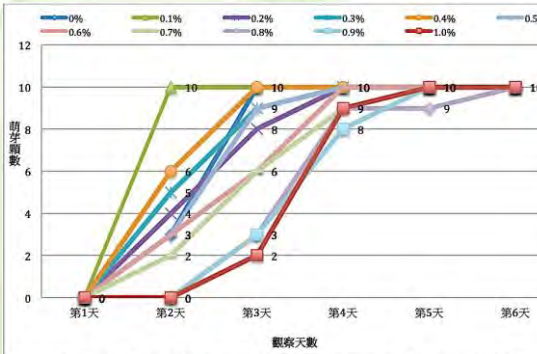


圖 3-27 綠豆於低濃度 PVA 溶液第 1 天至第 6 天萌芽狀況

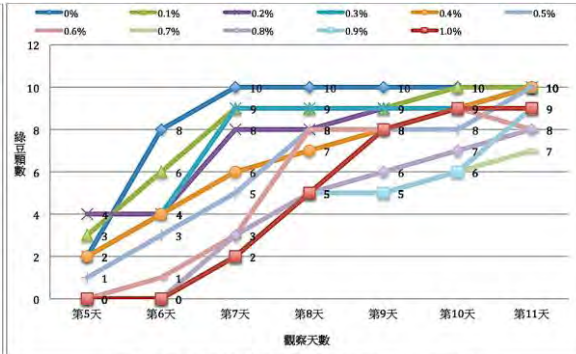


圖 3-28 綠豆莖之長度大於 5 公分以上的顆數



圖 3-29 綠豆莖之長度大於 10 公分以上的顆數

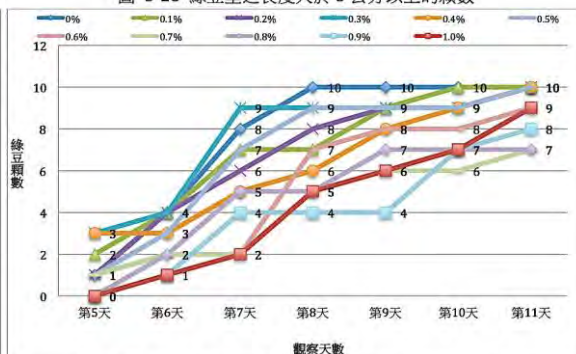


圖 3-30 低濃度 PVA 溶液第 5 天至第 10 天的出現綠葉

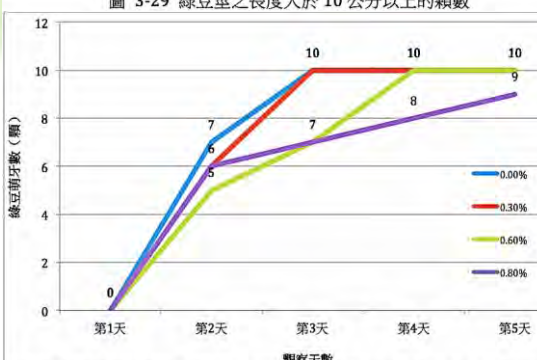


圖 3-31 綠豆於低濃度 PVA 溶液 (0%、0.3%、0.6%、0.8%) 無土環境下第 1 天至第 5 天萌芽狀況

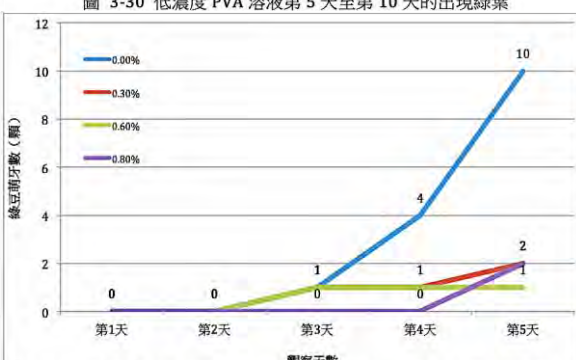


圖 3-32 綠豆於低濃度 PVA 溶液 (0%、0.3%、0.6%、0.8%) Area 2(20g) 第 1 天至第 5 天萌芽狀況

1. 綠豆萌芽試驗，第二天濃度較高的發芽率不佳，推測為 PVA 結構中的 -OH 基與水分子形成氫鍵而具保水性，不易釋出水分子。
2. 低濃度 0.1% PVA 溶液施作發現，種子萌芽快且不影響萌芽率。
3. 無土之綠豆萌芽狀況優於有土環境；20g 土優於 40g 土，Area 2 優於 Area 6。
4. 綠豆萌芽狀況 0% PVA 溶液較優。
5. 60 克土之綠豆萌芽以低濃度 0.3% PVA 最優。
6. 衛生紙添加 0.6% 及 0.8% PVA，生長狀況較好。

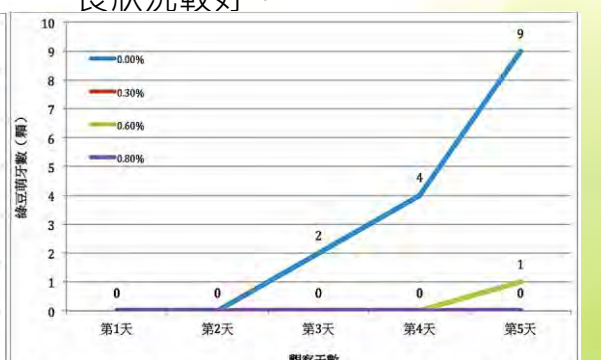


圖 3-33 綠豆於低濃度 PVA 溶液 (0%、0.3%、0.6%、0.8%) 的衛生紙上第 1 天至第 5 天萌芽狀況

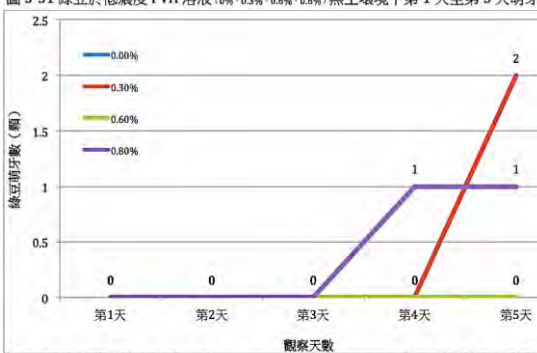


圖 3-34 綠豆於低濃度 PVA 溶液 (0%、0.3%、0.6%、0.8%) Area 2(40g) 第 1 天至第 5 天萌芽狀況

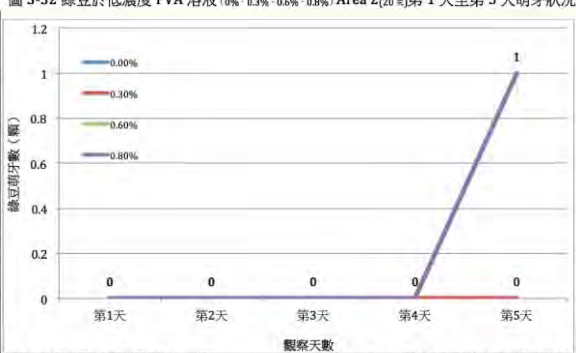


圖 3-35 綠豆於低濃度 PVA 溶液 (0%、0.3%、0.6%、0.8%) Area 6(40g) 第 1 天至第 5 天萌芽狀況

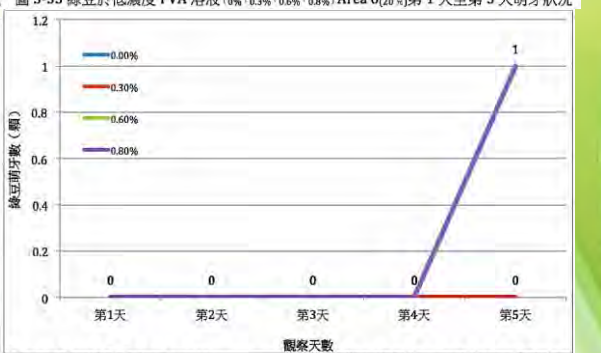


圖 3-36 綠豆於低濃度 PVA 溶液 (0%、0.3%、0.6%、0.8%) 的衛生紙上第 1 天至第 5 天萌芽狀況

陸、結論

- 一、學校土壤質地分佈 Area 1 及 Area 6 為壤土，Area 2、Area 4 及 Area 5 為砂質壤土，Area 3 為砂質黏壤土。砂質黏壤土 Area 3 土粒較小，空隙整體空間較少。壤土 Area 6 土粒較大，空隙整體空間較多。六區 pH 值及 EC 值皆在適合植物生長的範圍。添加 PVA 溶液於土壤可調整土壤 pH 值及 EC 值。文獻資料聚乙烯醇能為現存環境中的細菌慢慢分解為無毒性的乙酸，最終成為 CO₂ 氣體量不會造成環境的負擔。
- 二、聚乙烯醇在溫水下攪拌即能完全溶解，再利用日曬照光吸收熱量大量配製操作容易，也減少電能消耗。
- 三、低濃度 PVA 在 Area 2 入滲 20 分鐘皆達 8cm，管柱無斷層。Area 6 土樣 20 分鐘入滲深度多在 5 ~ 7cm，0.4% 以上 PVA 溶液入滲時，使土樣產生中斷以致上層 PVA 溶液無法再入滲。建議 Area 6 土樣使用濃度低於 0.3%。
- 四、PVA 與水分子形成氫鍵具保水性，不易釋出水分子。整體來說，低濃度 PVA 溶液對種子萌芽與生長的能力，無顯著負面影響，推測若運用於生態環境中是可實施的。
- 五、土壤會吸收部分水分，導致無土之綠豆萌芽狀況優於有土環境；20g 土優於 40g 土，Area 2 優於 Area 6。
- 六、PVA 的保水性導致綠豆萌芽 0% PVA 優於 PVA 溶液。在充分擴散至培養皿時，可為綠豆提供少量水分，導致在土壤較多之組別，生長狀況以 0.3% PVA 最優。衛生紙的保水度較差，添加較高濃度 PVA 溶液才能讓種子萌芽。

柒、未來展望

- 一、未來期望做實地施放，觀察實作時對當地生態系統是否有嚴重危害(如汙染地下水等)皆須觀察。
- 二、植物試驗只取用適應力強集合水分保存最為相關的綠豆做實驗，未來期望能做更加全面的研究。

捌、參考資料及其他

1. 吳淑芳、吳普特(2002)。化學物質對提高雨水利用率的應用研究進展，*水土保持研究* 9(2):147-149。
2. 邱于誠、蔡雯鈞、蔡怡如、鍾乙齊(45 屆科展)。讓紙尿布綠起來。苗栗縣私立君毅高級中學(附設國中)。
3. 塑膠工業技術發展中心(2003)。「塑膠物語：聚乙烯醇」，*塑膠 e 學苑*。取自：<http://psdn.pidc.org.tw/ike/doclib/2003/2003doclib/2003ike47-0/2003ike47-0-307.asp>