

# 屏東縣第 60 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：化學科

組 別：國中組

作品名稱：自製小分子營養劑應用於蔬菜生長之研究

關 鍵 詞：葉面肥、營養劑、天然物

編號：

# 目 錄

摘要	1
壹、研究動機	2
一、植物與營養	2
二、化學肥料	3
三、有機液肥	4
貳、研究材料與方法	5
一、材料	5
二、設施及器具	6
三、實驗方法	7
1. 發芽率試驗	7
2. 生長率試驗	8
參、結果與討論	8
一、甕菜發芽率試驗	8
二、大陸妹蔬菜試驗之株高調查	10
三、大陸妹蔬菜試驗之葉寬調查	11
四、大陸妹蔬菜試驗之葉長調查	12
五、紅藜發芽率測試	14
六、紅藜生長調查	15

肆、結論	-----19
伍、建議與自我檢討	-----20
陸、參考文獻	-----20

## 摘要

化學肥料能增進植物產質與產量，此舉造成施用過量及作物得到不均衡營養，仍需要從泥土中吸收其他養份補充又不全面的情況下，造成惡性循環繼續使用化肥，甚至污染環境。因此本研究嘗試使用生活可以取的原料(米糠、有機酸及有機質資材)，自製成小分子營養劑，小分子營養劑中有適當氮磷鉀主要營養及鈣鎂微量物質，可供發芽與植物生長需要。試驗結果為 1. 甕菜種子發芽率試以 D500 之稀釋倍數發芽速度最快數目也最多(73%)，2. 大陸妹蔬菜生長試驗是以 D1000 之生長率最佳，其生長率為 40.5%(16 天)，3. 紅藜種子發芽率以 D500 之稀釋倍數發芽率最高(96%)及發芽速度最快，紅藜生長試驗亦以 D100 之增長率為最佳、D500 次之，因此小分子營養劑對於加速發芽與增進生長具有良好效果。

# 壹、研究動機

## 一、植物與營養

人類需要吃肉、蔬菜、五穀雜糧才能正常生長，植物的生長也需要食物，只是植物較人類低等，其食物以無機礦物質為主。植物自一粒小小的種子發育成一棵植株，其組成元素全自土壤和空氣中取得，將植物體乾燥後分析其構成元素，大約如表一所列。

表一、植物體之構成元素(乾基)

多量元素(%)		微量元素(ppm)	
氮	1.5	錳	50
磷	0.2	硼	20
鉀	1.0	鋅	20
鈣	0.5	鋁	0.1
鎂	0.2	銅	6
硫	0.1	氯	100
氧	45	鐵	100
碳	45		
氫	6		

植物體的組成元素一部分從空氣中，一部分從水，一部分從土壤礦物質中取得，供應量不足的部分則必須以人為的方式供應，此不足部份稱為肥料。植物所需的肥料以要素需要量的多少可分為多量要素肥料、次量要素肥料和微量要素肥料三類，請參考表二。

表二、市售肥料成分需求分類

分類	多量要素 肥料	次量要素 肥料	微量要素 肥料
肥料 種類	氮	鈣	鐵
	磷	鎂	錳
	鉀	硫	鋅
			銅
			硼
			鉬

## 二、化學肥料

1840 年德國人尤斯圖斯·馮·李比希（Justus von Liebig）才首次發現植物所需的化學養分，是化學肥料的開端，農業產量因此大增，從此人類飢荒問題開始大幅減少。自從第二次世界大戰之後，人類大量使用化學農藥和肥料，同時亦進行大規模的單一種植在同一塊土地上，重覆種植同一種的作物。這個系統，雖然可以令產量驟增，但它卻同時引起許多環境、人體健康等問題。一般化肥只提供有限的養份，主要是氮磷鉀及另外一些元素，但大多都不夠全面。而且化肥一般都配製到十分容易讓植物吸收，在過量施用的情況下，作物容易得到過量但不均衡的養份，不單令植物徒長而變得柔嫩，更會吸引更多害蟲（如蚜蟲）來襲擊。另外配合化肥出現的單一種植，亦會令該種作物的害蟲不斷有食物供應，因而不斷繁殖。同時，這種系統中，亦會選種一些對化肥反應良好的高產品種，而放棄一些具防蟲抗病能力但產量不高的。因此，作物對化學農藥的需求便會增加。在肥沃的泥土裡，養份儲存在泥中的有機物和礦物裡。它們需由微生物分解釋放，才可以讓植物吸收。即使在施用大量化肥的泥土裡，但因為多數化肥的養份不均，植物仍需要從泥土中吸收其他養份，始能茁壯成長，在不斷提取，補充又不全面的情況下，泥土會變得越來越瘦脊，唯有倚賴更多的化學肥補充，造成惡性循環。另一方面，化肥只是一些無生命的化學劑，不能給泥土中的生物提供有機物，故此它會令泥土裡的生物減少，泥土變成了一堆沒有生命的礦物，令泥土中的有機物減少，失去了它

的黏附力。在下雨或刮風時，表面的土粒，便容易被沖走或吹走，令土地逐漸不能再種植。全球已有約 20 億公頃的土地出現土壤退化的問題，其中 12% 是因為養分缺失、鹽化、酸化及污染等原因，56% 因為水的侵蝕，28% 因為風的侵蝕。

植物未能吸收的肥料，會被沖入河道或地下水中，這些突如其來的養份，會令到水裡的藻類大量繁殖，耗用水體內的氧氣，令其他水裡的生物（如魚類）集體窒息死亡。在化肥大量使用之前，農民用動物的糞便及收割後作物的殘餘作肥料。但現在這些都變成廢物，被農夫隨便棄置時，更造成環境污染。香港政府更要立例管制禽畜廢料的排放。在田間施用的化肥，未能被植物吸收的部份會被沖進河流或地下水道，化肥中的一種主要成份硝酸鹽，會在大自然中轉化成亞硝酸鹽，現在已經有大量的科學證據顯示，亞硝酸鹽可以致癌。根據科學家的估計，英國農夫在田間施用的氮肥，有至少一半會被水沖走，有 170 萬英國人的食水，已被化肥污染，裡面的硝酸鹽含量已經超過衛生標準。

### 三、有機液肥

有機質肥料屬於緩效性肥料，施於土壤中需經礦化分解過程始可釋出作物所需養分，其分解速率除與有機質肥料本身性質有關外，尚受到土壤及氣候環境、耕作制度等所影響。有機質肥料的即時供應能力，明顯不如化學肥料，此時有機液肥的施用將是項不錯選擇。因此有機液肥被使用於有機農業作為養分補充，一般而言，液態肥料可增進土壤肥力、協助作物吸收營養、增加作物抗病蟲害與抗旱能力，並減少化學肥料的使用量，提高產量及品質，近年來農民已廣泛使用於作物栽培。

## 貳、材料與方法

植物成長必須條件是日光、水、溫度和營養要素。16種營養要素中碳、氧、氫可由空氣和水中吸收，其餘13種元素則必須以肥料的形態供給植物吸收。植物最需要的成份就是氮磷鉀，葉肥的氮(N\_蛋白質來源、花果肥的磷(P\_核酸)、根肥的鉀(K\_影響光合作用，影響酵素的活化、氣孔開合)；三這種營養成分不足時會造成植物生長緩慢、植株弱小、老葉葉片黃，老葉葉小而暗綠、葉柄成紅紫色，老葉葉緣及葉尖變白、黃轉褐色而壞死，過多時葉濃綠大而薄、莖葉軟弱、抗病力低。

因此本試驗收集生活中常見之天然資材，希望經過簡單製程可以取得植物容易利用的小分子營養劑，幫助生長增加產質與產量，減少成本與對環境的汙染。如下敘述：

### 一、材料

(一)米糠：從碾米廠取得200公克，提供小分子營養劑有足夠的氮、磷來源，8元/公斤。

(二)有機酸：從炭化製程冷凝蒸餾之有機酸液1公升，提供小分子營養劑有足夠的多元氮源和有機酸，並作為萃取液，30元/公斤。

(三)有機質資材：含有無機礦物有機資材100公克，主要提供鈣鎂鉀系列無機礦物來源，20元/公斤。

(四)經初步估算小分子營養劑之成本為31.44元/公斤(上架之價格約為100元/公斤)，依照不同施用比例可了解施用費用多少，在市場同性質商品價格約300~1,000元/公升 or 公斤(如下表所示)。



表三、小分子營養劑成本估算

	米糠	有機酸	有機質資材	總計
	-----元/公斤-----			
價格	8	30	20	58
	-----%-----			
使用比例	15	80	5	100
	-----元/公斤-----			
換算後價格	1.2	24	1	26.2
	26.2 (原物料成本) × 1.2 (其他成本) = 31.44 元/公斤			

## 二、設施及器具

(一)攪拌機：主要是將系列資材攪拌均質，讓所有資材可以充分混和。

(二)萃取機：希望透過萃取機製程可以將資材中的氮磷鉀鈣鎂提取出來。

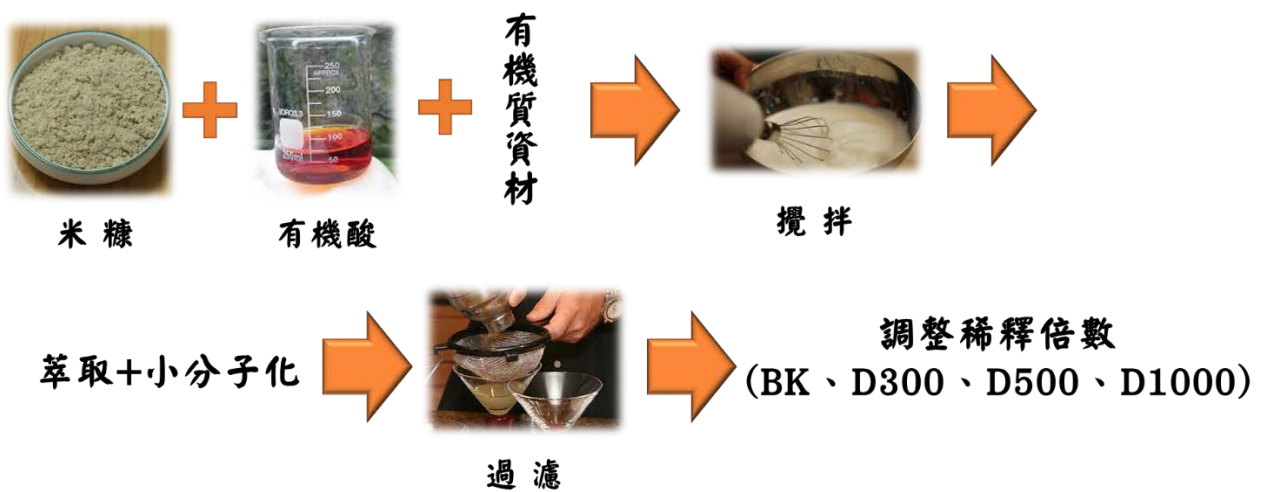
(三)小分子處理流程：經過小分子化後可以將系列營養分子微粒化，讓植物體容易吸收利用。

(四)過濾器：因為系列有機資材有殘渣及干擾物，透過過濾裝置可以移除，方便噴灌使用。

(五)種子發芽率盛盤：盛放各種試驗用的種子的盤子。

(六)厚擦手紙：進行發芽率試驗中放在種子上方和底下的保溼紙。

製作流程如下所示：



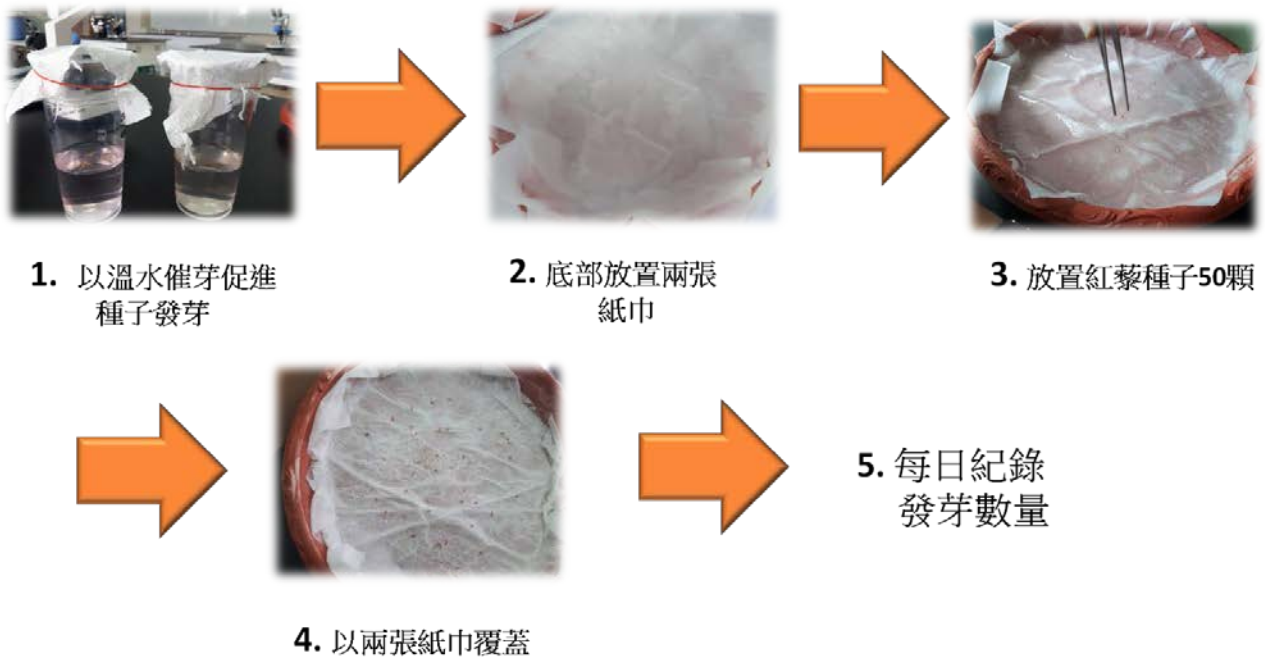
圖一、小分子營養劑製作流程

### 三.實驗方法

#### 1. 發芽率試驗

發芽率測試是配製不同濃度之小分子營養劑(BK(空白組)、D300(稀釋 300 倍)、D500(稀釋 500 倍)及 D1000(稀釋 1000 倍))藉由不同濃度催化甕菜種子與紅藜發芽，此過程需要解決種子休眠狀態並提供基本的營養(氮、磷、鉀、鈣及鎂等)，以利種子在短時間內發芽，為求可以客觀看出小分子營養劑之催芽增快種子萌發，本試驗不額外添加營養來源，試驗流程如下圖:

圖二、種子進行催芽流程圖



#### 2.生長率試驗

本試驗使用不同稀釋倍數之小分子營養劑(氮、磷、鉀及微量元素鈣、鎂) (BK(空 白組)、D300(稀釋 300 倍)、D500(稀釋 500 倍)及 D1000(稀釋 1000 倍))進行生長試驗之株高、葉寬、葉長調查，本試驗為降低其他參數干擾，只施用小分子營養劑為養分來源。

圖三、生長試驗流程圖



1. 準備土壤



2. 植入種苗



3. 調製不同濃度之  
小分子營養劑



4. 施以不同濃度之  
小分子營養劑

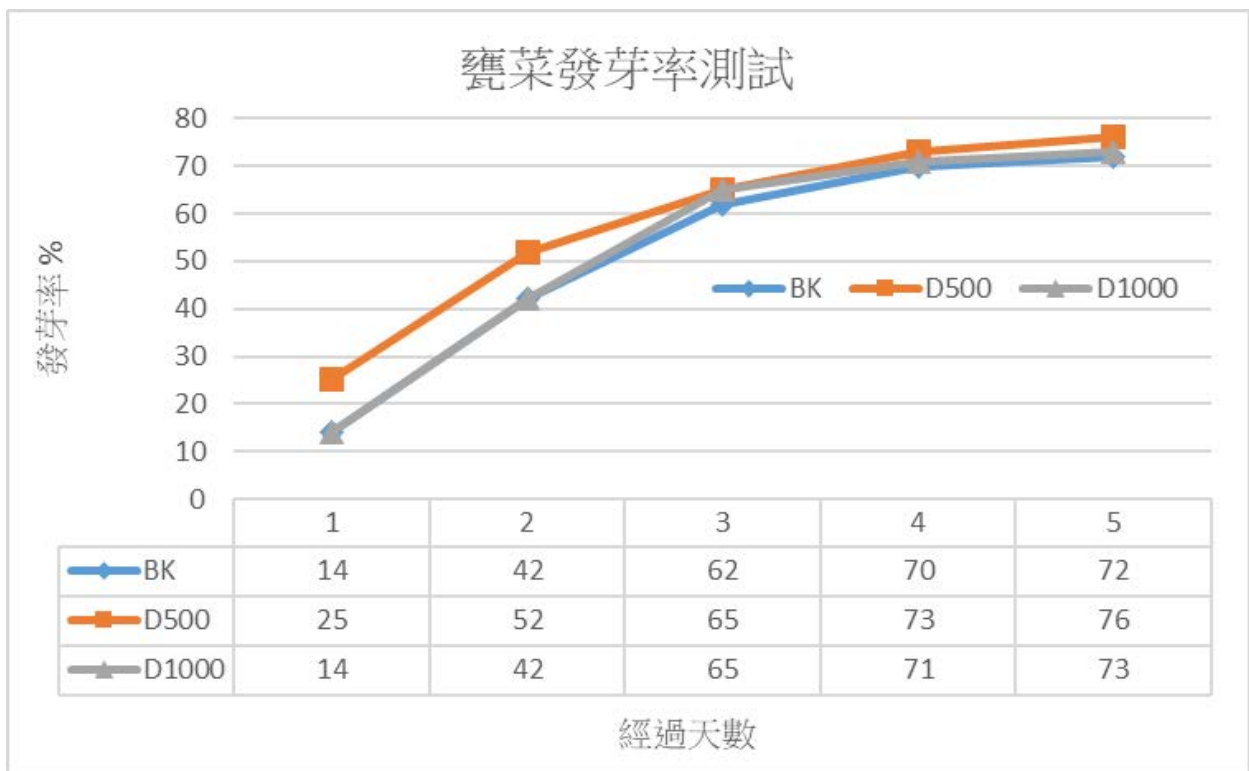


5. 每二日記錄  
成長數據

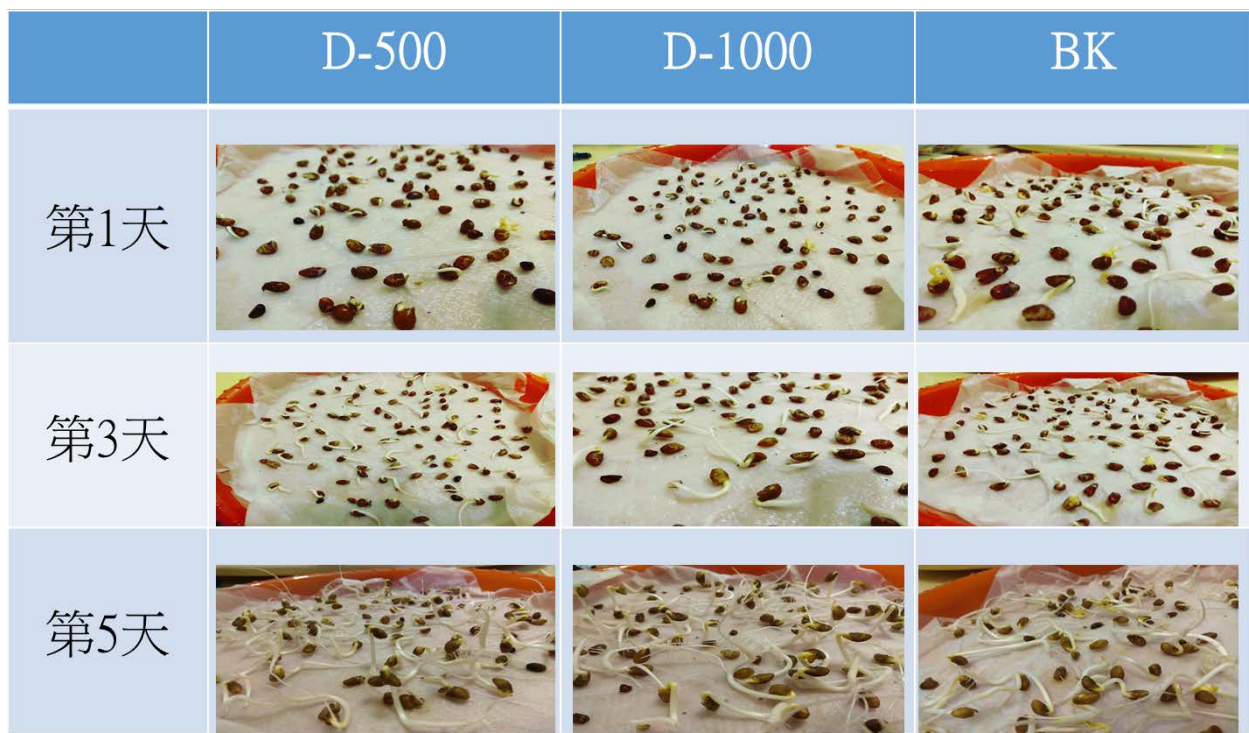
## 參、結果與討論

### 一、甕菜發芽率試驗

本甕菜發芽率測試是配製不同濃度之小分子營養劑，藉由不同濃度催化甕菜種子發芽，此過程需要解決種子休眠狀態並提供基本的營養(氮、磷、鉀、鈣及鎂等)，以利種子在短時間內發芽，本研究不額外添加任額營養源，為求可以客觀看出小分子營養劑之催芽增快種子萌發。經過五天觀察甕菜種子，可得知經過第一天三個組別皆已經發芽(下圖所示)，並且相當顯著可以看出稀釋 500 倍(D500)的小分子營養劑之甕菜發芽率最高 25%，是空白組(BK14%)和稀釋 1000 倍(D1000)的 1.8 倍，經過第二天甕菜之發芽率還有 BK 和 D1000 之 1.2 倍，可見小分子營養劑是可以有效催芽縮短種子發芽時間(活化、催芽及供給營養)，如下圖所示。



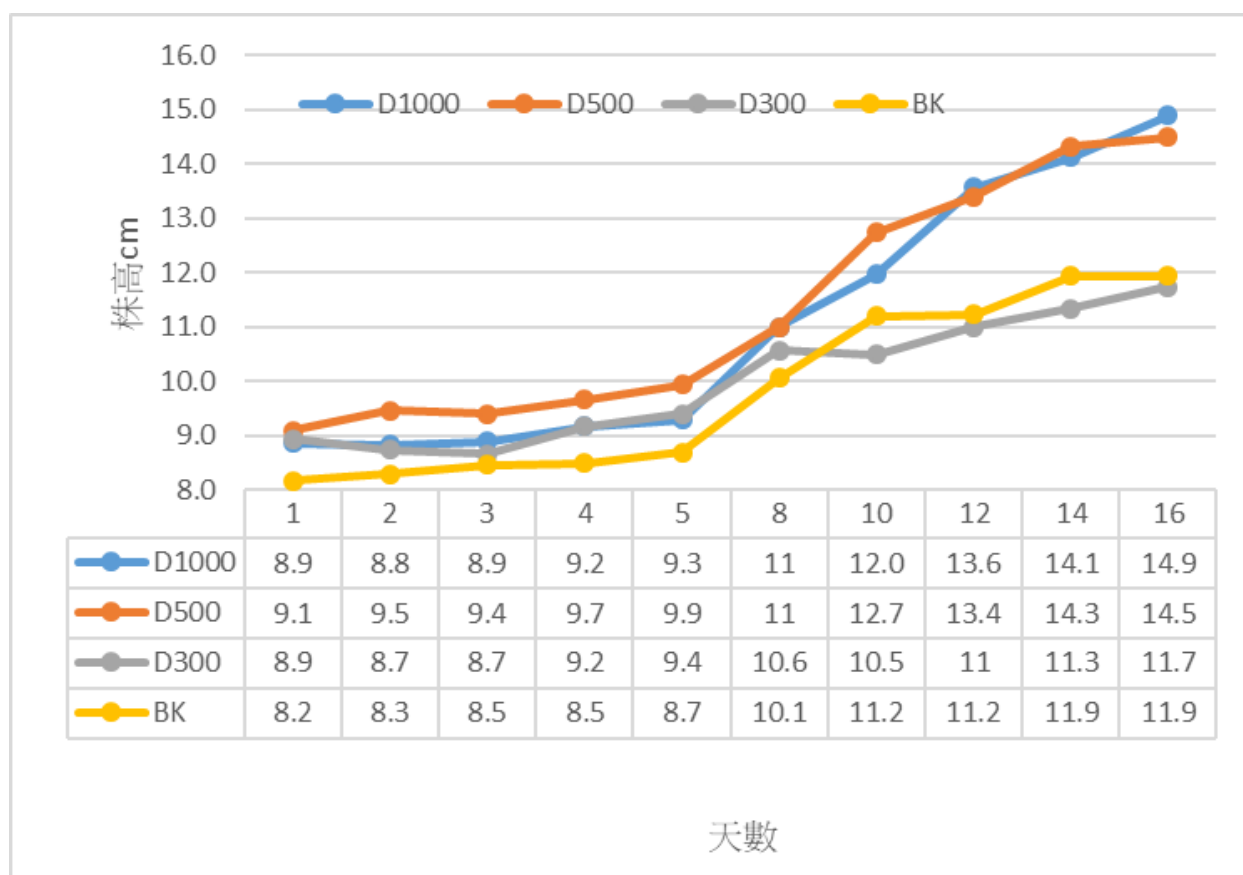
圖四、甕菜發率測試(不同濃度之小分子營養劑)



圖五、甕菜種子發芽率觀

## 二、大陸妹蔬菜試驗之株高調查

本試驗使用不同稀釋倍數之小分子營養劑(氮、磷、鉀及微量元素鈣鎂)進行大陸妹生長試驗之株高調查，經過 16 天的生長調查可以得知 D1000 和 D500 株高生長狀況最好，如果以成本考量建議使用 D1000 之稀釋倍數澆灌大陸妹最符合經濟效益(圖 2)。本試驗為降低其他參數干擾，只施用小分營養劑，分別設計 BK(空白組)、D300(稀釋 300 倍)、D500(稀釋 500 倍)及 D1000(稀釋 1000 倍)，進行 16 天生長調查，菜苗第一天栽種後其株高分別為 8.9 cm (BK)、9.1 cm (D300)、8.9 cm (D500)及 8.2 cm (D1000)，經過 16 天後以 D1000 生長狀況最佳 14.9 cm，其生長率分別增加 40.5%(D1000)、37.2%(D500)、23.9%(D300)及 31.6%(BK)，株高生長率還是以 D1000 最好(表 4)，因蔬菜正在營養生長期，要長根、長枝條、長葉，需要很多氮素合成蛋白質，以支持根、莖、葉茂盛生長，所以氮的吸收率在此期達到高峰，進入分化期以後直至結果期，基本上是氮素在植物體內的移轉和重新分配為主，所以氮的吸收率逐漸降低。



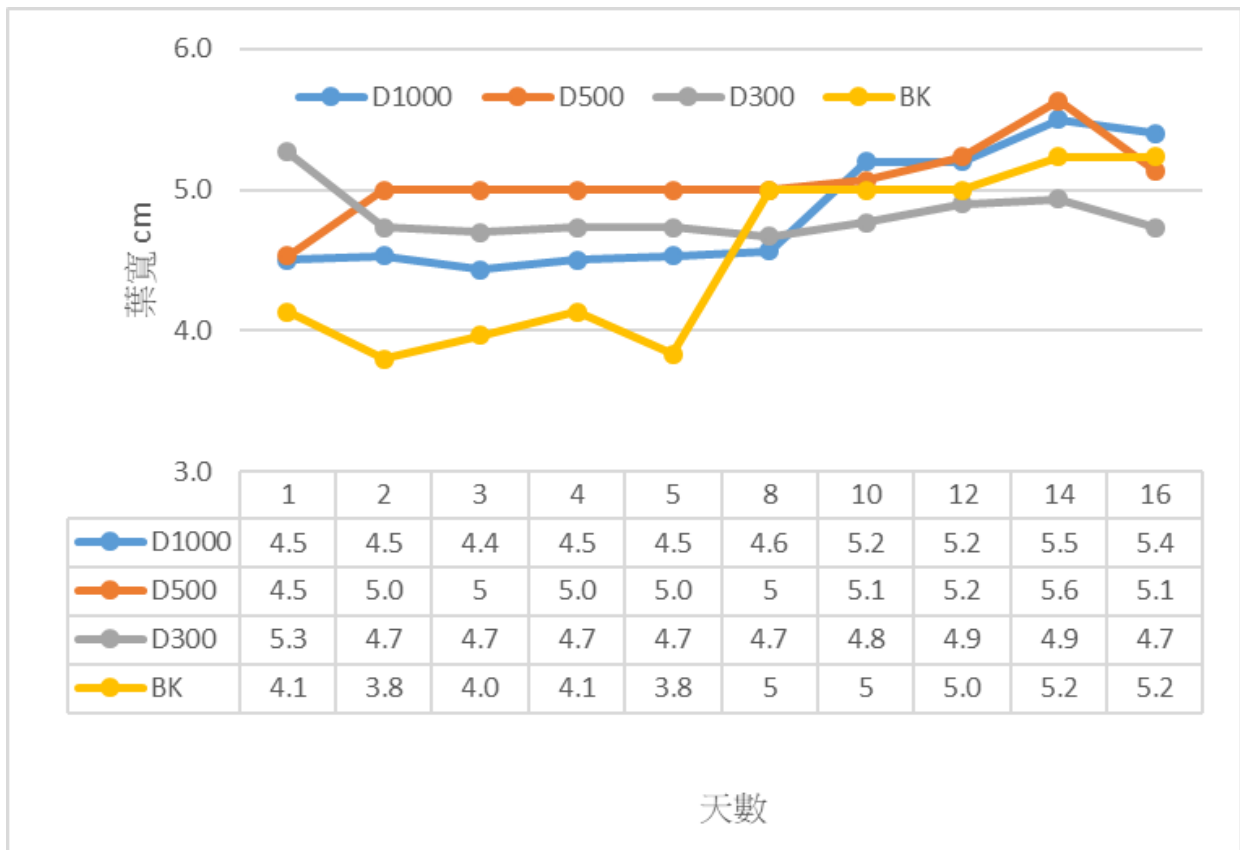
圖六、大陸妹栽種試驗之株高調查(不同稀釋倍數之小分子營養劑)

表四、大陸妹蔬菜之生長率調查

	株高	葉寬	葉長
	-----%-----		
D1000	40.5	16.7	40.5
D500	37.2	11.7	37.2
D300	23.9	-11.3	23.9
BK	31.6	21.0	31.6

### 三、大陸妹蔬菜試驗之葉寬調查

本試驗使用不同稀釋倍數之小分子營養劑進行大陸妹生長試驗之葉寬調查，經過 16 天的生長調查可以得知 D1000 的成長狀況最好，因建議施用 D1000 小分子營養劑來促進蔬菜生長(圖 2)，如再搭配既有的粒狀肥料更可看出效果。本試驗為降低其他參數干擾，只施用小分營養劑，分別設計 BK(空白組)、D300(稀釋 300 倍)、D500(稀釋 500 倍)及 D1000(稀釋 1000 倍)，進行 16 天生長調查，菜苗第一天栽種後其葉寬分別 4.5cm [D-1000] 4.5cm [D-500] 5.3cm [D-300] 4.1cm[BK]，過 16 天後以 D1000 生長狀況最佳 16.7%，長率分別增加、11.7%(D500)、-11.7%(D300) 及 21.0%(BK)。



圖七、大陸妹栽種試驗之葉寬調查(不同稀釋倍數之小分子營養劑)

#### 四、大陸妹蔬菜試驗之葉長調查

##### 1.小分子營養劑稀釋 1,000 倍

雖然葉菜類所需要生長的時間約為 30~40 天，但因為試驗時間不足，只能觀察到第 16 天，當我第一天加入小分子營養劑時它才 8.9 cm，分別經過第五天 9.3 cm、第十天 12 cm、第十二天 13.6 cm，到了最後一天(第 16 天)已經 14.9cm，經由表 1 之 D1000 生長率已經超過 40.5%。

##### 2.小分子營養劑稀釋 500 倍

當我第一天加入小分子營養劑時它才 9.1 公分，分別經過第五天 9.9cm 第十天 12.7cm 第十二天 13.4cm 到了最後一天已經 14.5cm，經由表 1 之 D500 生長率已經超過 37.2%。

##### 3.小分子營養劑稀釋 300 倍

當我第一天加入小分子營養劑時它才 8.9 公分，分別經過第五天 9.4cm 第十天 10.5cm 第十二天 11cm 到了最後一天已經 11.7cm，經由表 1 之 D300 生長率已經超過 23.9%。

#### 4.沒有加小分子營養劑

當我第一天加入小分子營養劑時它才 8.2 公分，分別經過第五天 8.7cm 第十天 11.2cm 第十二天 11.2cm 到了最後一天已經 11.9cm，經由表 1 之 BK 生長率已經超過 31.6%。

圖八、施用 D1000、D500、D300 及 BK 之大陸妹生長狀況





## 五、紅藜發芽率測試

紅藜發芽率測試經過四種不同稀釋倍數測試，分為D-1000、D-500、D-100 和BK 進行催芽。

經過 7 天發芽測試，觀察結果為 D-500(稀釋 500 倍)生長最佳，發芽率達 96%。測試過程

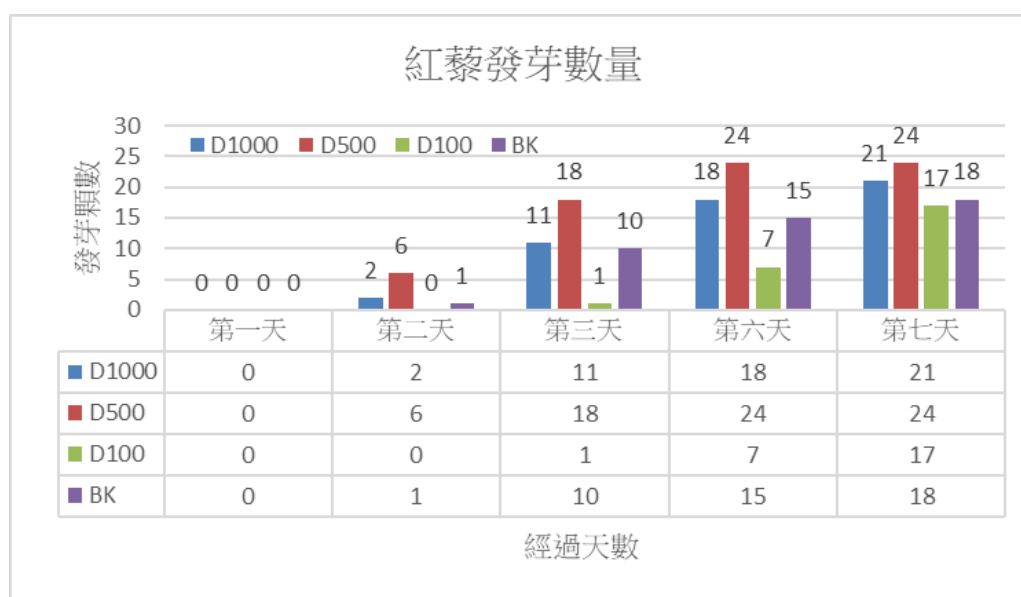
第 2 天就開始發芽，濃度較高(稀釋倍數較低)之組別發芽率比較低，可見高濃度小分子營養

劑可能會抑制種子發芽，稀釋倍數必須超過 500 倍以上才能加速發芽。如果將本營養劑以

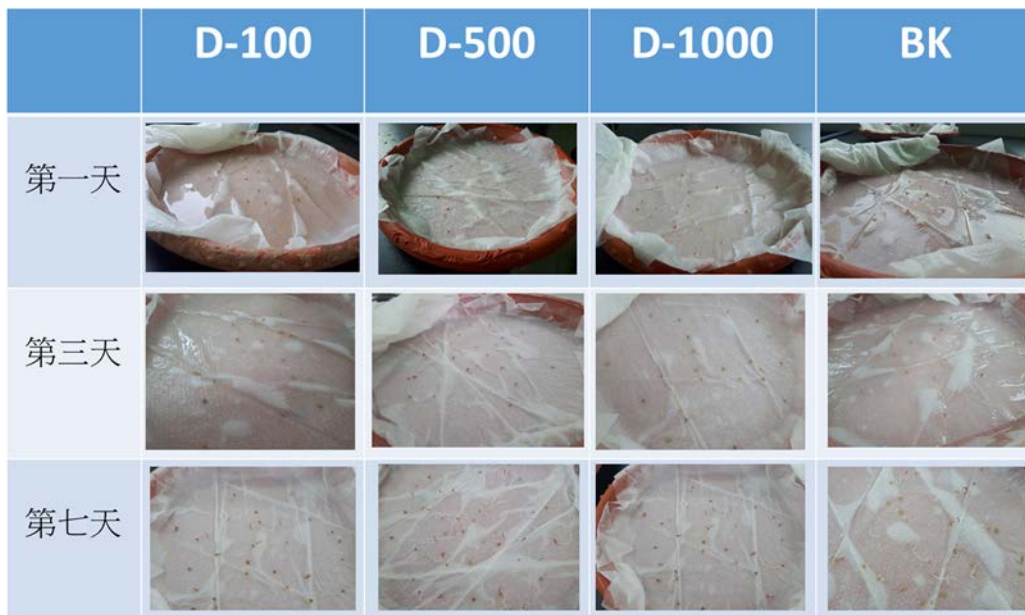
濃縮液作為產品，需附上稀釋倍數讓使用者有較好的效果。(如下圖與表)

表五、紅藜不同濃度之發芽率

	第一天	第二天	第三天	第六天	第七天
稀釋倍數	-----發芽率(%)-----				
D1000	0	8	44	72	84
D500	0	24	72	96	96
D100	0	0	4	28	68
BK	0	4	40	60	72



圖九、紅藜發芽率



圖十、發芽率紅藜

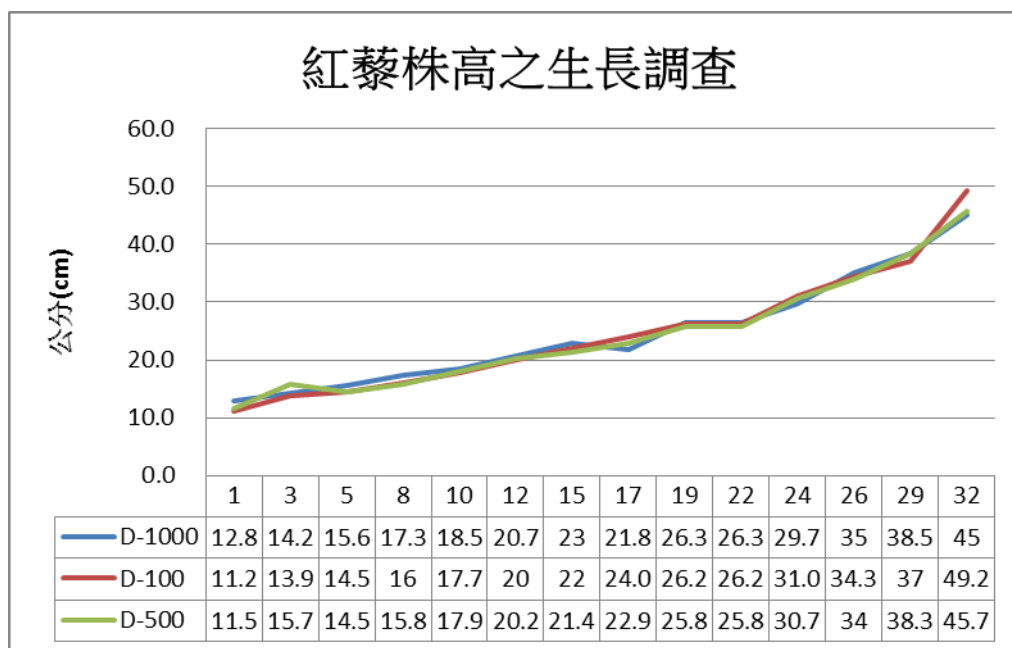
### 三、紅藜生長調查

本試驗為降低其他參數干擾，只施用小分子營養劑。紅藜之生長調查分別設計D300(稀釋300倍)、D500(稀釋500倍)及D1000(稀釋 1000倍) 進行生長調查，其中以D100(稀釋100倍)為生長最佳，於整體之株高葉寬葉長之增長率也是以 D100 最為顯著(株高增長率 4.41 最高、葉寬增長率為 2、葉長增長率 1.74)，D500 次之(株高增長率 3.97、葉寬增長率 2.2、葉長增長率 1.58)，顯示各種不同濃度確實會影響植物生長，表示 D100 和 D500 之 pH、EC 及相關營養成分都是可以促進植物生長的，此部分可以繼續探討。請參下圖與表。

表六、不同濃度紅藜株高之增長率調查

稀釋 倍數	第1天	第8天	增長率 (倍)	第15 天	增長 率(倍)	第22 天	增長 率(倍)	第29 天	增長 率(倍)	第32 天	增長 率(倍)
	cm		第1天/ 第8天	cm	第1天/ 第15天	cm	第1天/ 第22天	cm	第1天/ 第29天	cm	第1天/ 第32天
D-1000	12.8	17.3	1.35	23	1.79	26.3	2.05	38.5	3.00	45	3.51
D-100	11.2	16	1.43	22	1.97	26.2	2.34	37	3.31	49.2	4.41
D-500	11.5	15.8	1.38	21.4	1.86	25.8	2.25	38.3	3.33	45.7	3.97

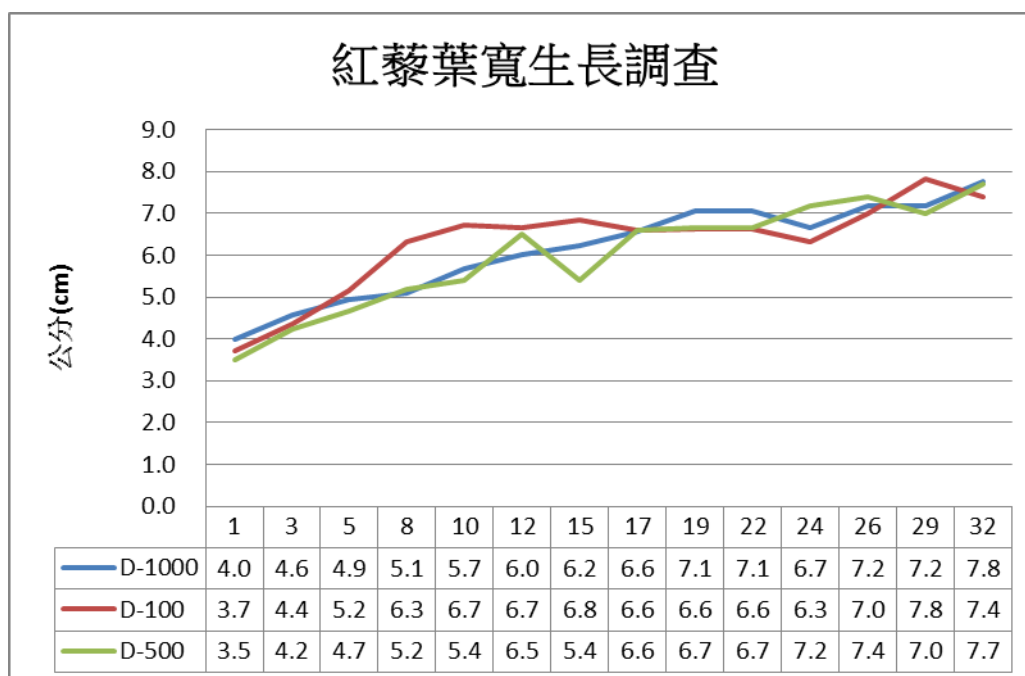
表六



圖十一、株高

表七、不同濃度紅藜葉寬之增長率調查

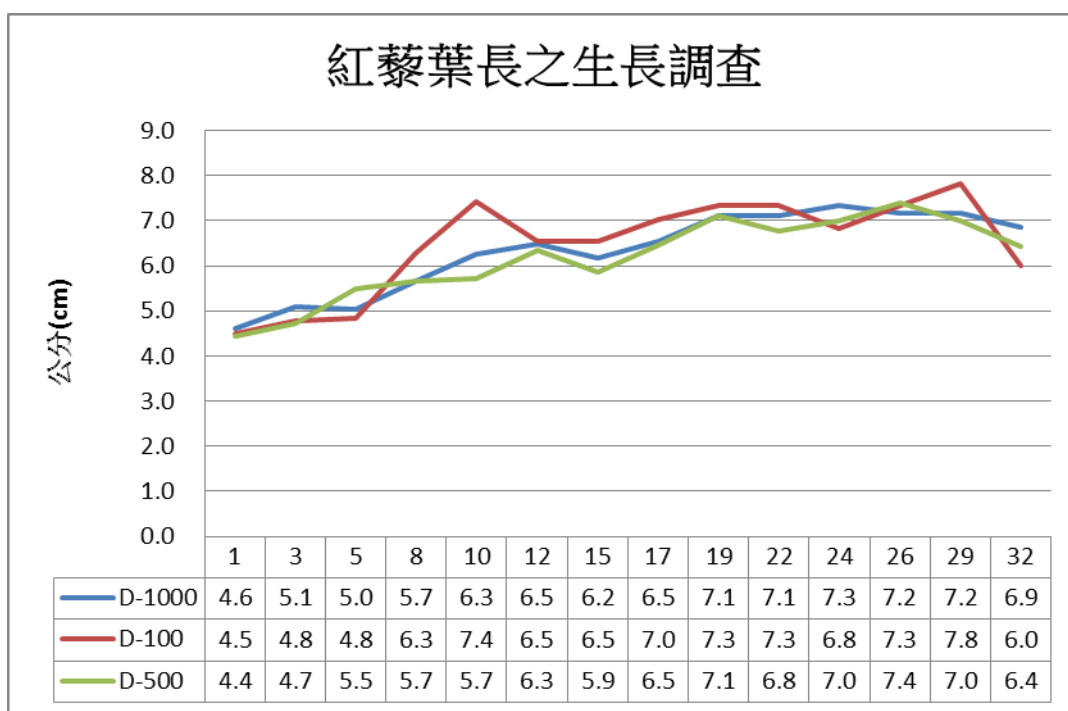
稀釋 倍數	第1天	第8天	增長率 (倍)	第15 天	增長 率(倍)	第22 天	增長 率(倍)	第29 天	增長 率(倍)	第32 天	增長 率(倍)
	cm		第1天/ 第8天	cm	第1天/ 第15天	cm	第1天/ 第22天	cm	第1天/ 第29天	cm	第1天/ 第32天
D-1000	4.00	5.10	1.28	6.23	1.56	7.07	1.77	7.17	1.79	7.75	1.94
D-100	3.70	6.33	1.71	6.83	1.85	6.63	1.79	7.83	2.12	7.40	2.00
D-500	3.50	5.20	1.49	5.40	1.54	6.67	1.90	7.00	2.00	7.70	2.20



圖十二、葉寬

表八、不同濃度紅藜葉長之增長率調查

稀釋倍數	第1天	第8天	增長率(倍)	第15天	增長率(倍)	第22天	增長率(倍)	第29天	增長率(倍)	第32天	增長率(倍)
	cm		第1天/ 第8天	cm	第1天/ 第15天	cm	第1天/ 第22天	cm	第1天/ 第29天	cm	第1天/ 第32天
D-1000	4.60	5.65	1.23	6.17	1.34	7.10	1.54	7.17	1.56	6.85	1.49
D-100	4.50	6.30	1.40	6.53	1.45	7.33	1.63	7.83	1.74	6.00	1.33
D-500	4.43	5.67	1.28	5.87	1.32	6.77	1.53	7.00	1.58	6.43	1.45



圖十三、葉長

## D-100 32天的生長狀況



第一天



第十天



第十五天



第二十天



第二十六天



第三十二天

## D-500 32天的生長狀況



第一天



第十天



第十五天



第二十天



第二十六天



第三十二天

## D-1000 32天的生長狀況



第一天



第十天



第十五天



第二十天



第二十六天



第三十二天

圖十五、紅藜發芽率試驗

## 肆、結論

本研究以自製之小分子營養劑為主體進行蔬菜和紅藜之發芽和栽種試驗，了解到高濃度下之小分子營養劑會抑制發芽率與植物生長，在經過稀釋後就不會有抑制現象，反之變為促進發芽與植物生長，整體上表現在種子階段促進發芽與活化以高稀釋倍數 D500 以上(濃度低)之小分子營養劑表現最佳，植物生長試驗以 D100 以上之稀數倍數較佳。因此可以看出自製小分子營養劑是能夠促進種子發芽與蔬菜生長的。依照各種的發芽率實驗和生長試驗之結果可清楚得知，自製之小分子營養劑可以有效縮短時間幫助催芽(經小分子處理流程讓所有營養源可以容易利用)，植物生長試驗可以促進根系擴充及植株生長，如能與基礎肥料結合更可凸顯出產質產量之增加，維持植物生長環境平衡降低汙染與病蟲害之影響。經過初步成本分析也可了解自製之小分子營養劑比市售之葉面肥還要便宜(市場同性質商品價格約 300~1,000 元/公升)。

## 伍、建議與自我檢討

- (一) 無法有足夠時間完成實驗，完成科展的系列工作所以希望下次能夠可以在更加的進步。
- (二) 因在實驗過程中遭遇麻雀、老鼠破壞植物導致試驗中斷，雖然有眾多不足 但點點滴皆可成為日後進步的經驗及動力。
- (三) 感謝各位師長及家長大力支持，使實驗雖有重重困難仍圓滿完成。
- (四) 應該有機會申請資源進行小分子營養劑分析，各種成分和性質跟相關液態肥料資料做比對，可更清楚瞭解小分子營養劑之優勢。

## 陸、參考文獻

- 一、黃瑞璋，2017/08，土壤健康與植物營養診斷，豐年月刊[67 卷 08 期]/現代農夫產銷新樣貌。
- 二、植物營養教室，花寶園藝大學【初級班】，<http://www.taihort.com.tw/2nutritn.html>。
- 三、簡道南，2003/02，肥料與植物生長，台肥月刊，<http://www.taifer.com.tw/taifer/tf/044002/12.htm>。