

# 中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高職組 農業及生物科技科

第三名

091404

膠囊妙計—人工種子保存之研究

學校名稱：臺北市立松山高級工農職業學校

作者：  職二 葉禹呈  職二 徐詠淳  職二 祁文洋	指導老師：  李家發
---	------------------

關鍵詞：人工種子、膠囊

# 膠囊妙計－人工種子保存之研究

## 摘要

人工種子在種苗生產技術上雖處已開發狀態，但在普通環境下不易儲存、運輸。本研究主要探討於不同作物頂芽、胚及細小種子等培植體包入藻膠製成人工種子後進行乾燥，最後放入膠囊中測試儲存活性並培育生長成完整植株的可行性。由實驗結果得知製作人工種子時培植體選用及養份多元的配方是成功誘導再生植株發育的關鍵。人工種子栽培初期須提供濕度較高的環境；乾燥後覆水對培植體生長最大的關鍵在於細胞膜通透性的維持。人工種子經過冷風乾燥保持低於 13%含水量、溫度在 5~10℃存放 2~3 個月尚具有活性，放在透明膠囊密封儲藏在 21℃環境亦可維持 1 個月以上的活性，顯示膠囊保存人工種子可達到種源保存、方便運輸與統一規格化的功效。

## 壹、研究動機













二年級的生物科技課老師提到人工種子生產的新技術，加上曾經看過相關報導，發現其特點為繁殖速度快、可大量培養、透明易觀察，本省人工種子繁殖體系大都是種子造粒，主要提供農民蔬菜播種培育時使用，科技產業研發的人工種子不適宜田間播種，是因為台灣的氣候過於燥熱，人工種子容易因脫水造成培植體死亡。促使我們想進一步去了解，經老師同意後，便決定進行科展製作，探討膠囊處理延長人工種子保存方式的可行性，將經過乾燥後的人工種子放入了具有保護作用的膠囊來保存其活性，希望能藉此開發新的種苗培育繁殖體系，也期望在農業科技上能有所創新，對於本土在種苗生產技術上也能夠有所提升。

## 貳、研究目的

- 一、測試氯化鈣及養分不同濃度對人工種子造粒定型與生長的差異
- 二、比較造粒後人工種子在�不同介質、光照下生長發育的最佳條件
- 三、探討人工種子經乾燥與裝填膠囊保存處理後培育存活的可行性

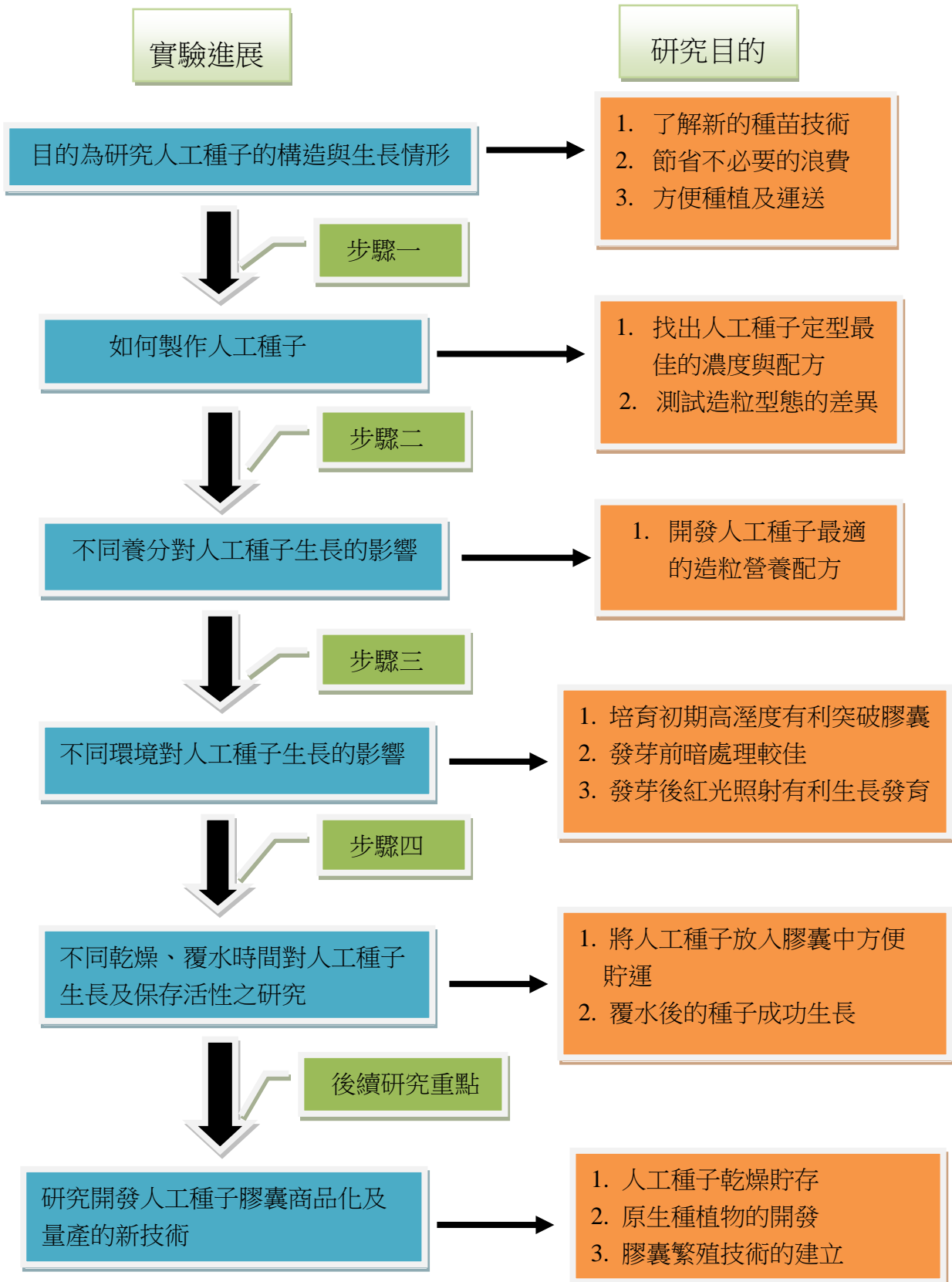
## 參、研究設備與器材

植物材料	松葉景天、圓葉景天、玉米、綠豆、木瓜、青江菜
儀器設備	電子秤、無菌操作台、殺菌釜、植物生長箱、多用途冷風乾燥機、烘箱、膠囊、多功能分析儀
實驗材料	花寶 1 號、砂糖、藻膠酸鈉、氯化鈣、食用色素紅色 6 號、食用色素藍色 4 號、氯化鈣、秤藥紙、秤藥匙、燒杯、玻棒、量杯、量筒、滴管、製冰盒、培養皿、尺規、錐型瓶

			
青江菜	松葉景天	木瓜	玉米
			
冷風乾燥機	植物生長箱	無菌操作台	殺菌釜
			
電子秤	多功能分析儀	游標尺	透明膠囊

## 肆、研究過程與方法

※實驗架構



## ※研究過程、方法

### 研究一、測試氯化鈣及養分濃度對培植體造粒定型與生長的差異

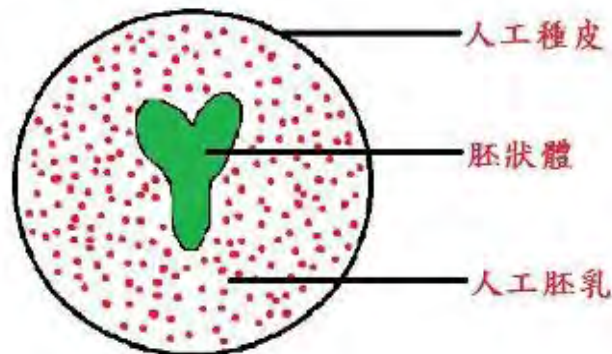
#### (一)人工種子構成

##### 1. 認識人工種子

人工種子(如圖一)又稱人工造粒或超級種子，一種由人工製造代替天然種子的顆粒體，可以直接播種於田間。任何一種繁殖體，無論是在膜囊中包裹的、裸露的或經過乾燥，只要能夠發育成完整植株，均可稱為人工種子。(王亞男，(2006))

##### 2. 為何要製造人工種子

與傳統種子相較人工種子確實有許多優點，譬如：建立高效快速的繁殖方法，植物保有母株的特性；針對繁殖困難的植物以不經有性繁殖，使之獲得大量繁殖體；對於不能正常產生種子的特殊植物，通過人工造粒技術大量繁殖應用；節省製種用地，不受季節限制，實現工廠化量產；避免移栽困難，方便儲藏運輸、機械化操作。(郭仲琛，(1990))



圖一、人工種子構造示意圖

#### (二)不同濃度氯化鈣水溶液對人工種子成長之影響

研究預期目標：探討不同的氯化鈣水溶液濃度與浸泡時間對人工種子造粒成型的影響

##### 1. 實驗材料：氯化鈣水溶液(1%、2%、3%、4%)、藻膠酸鈉水溶液(4%)

、計時器、製冰盒、食用色素紅色 6 號

##### 2. 實驗流程：(如圖二)

(1)將秤量調配好的造粒配方均勻攪拌後放入殺菌釜內進行殺菌

(2)將調配好的不同濃度之氯化鈣水溶液均勻攪拌後放入殺菌釜內進行殺菌

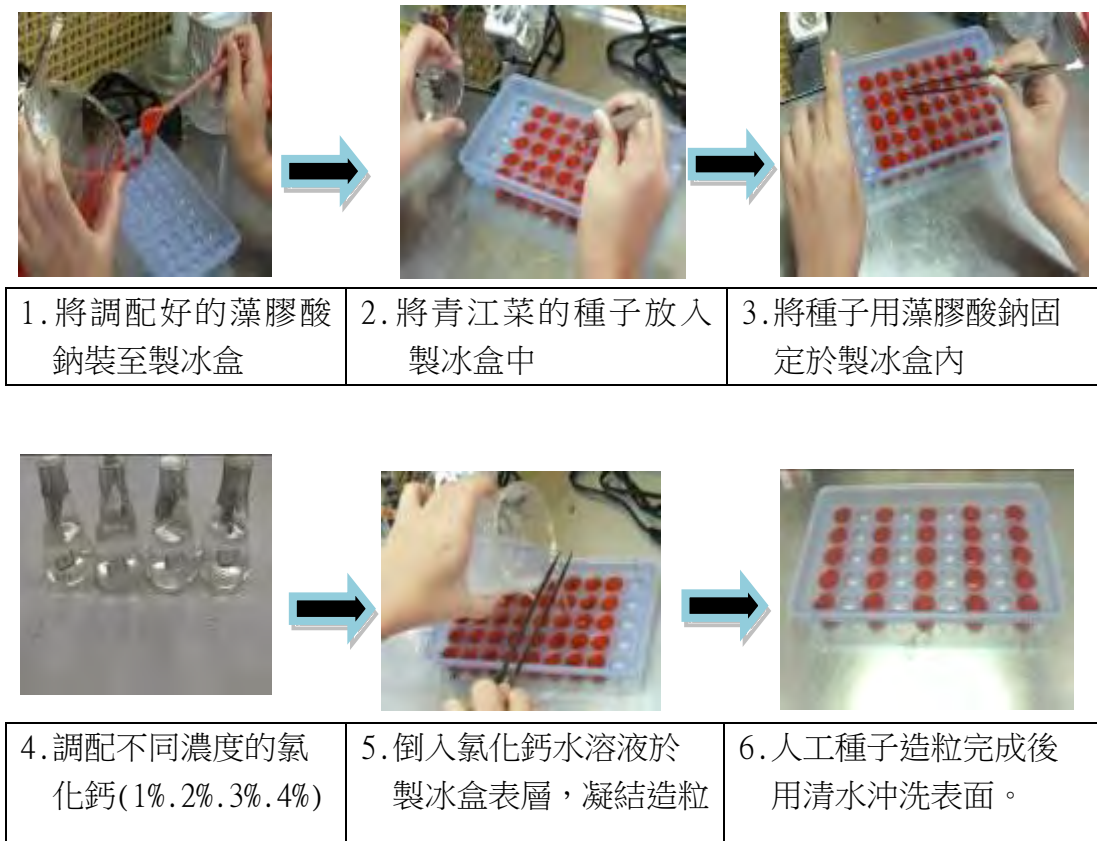
(3)造粒配方溶解殺菌後分裝至圓粒型製冰盒中

(4)放入青江菜種子於造粒溶液內 (薄薄一層蓋住即可)

(5)倒入氯化鈣水溶液於圓粒型製冰盒表層，分別浸泡 1 分鐘、3 分鐘、5 分鐘、10 分

鐘、20 分鐘，促使凝結完成造粒等人工種子浮起即可取出，並用清水沖洗表面

(6) 拍攝與觀察紀錄青江菜人工種子生長的變化



圖二、氯化鈣水溶液濃度實驗流程

(三) 不同養分測試人工種子的生長情形

研究預期目標：找出最適合人工種子生長的養分濃度

1. 實驗材料：青江菜種子、藻膠酸鈉水溶液(4%)、氯化鈣水溶液(4%)、花寶 1 號水溶液(稀釋 500、1000 倍)、砂糖水溶液(1、3%)、食用色素紅色 6 號
2. 實驗流程：
  - (1) 將秤量調配好的造粒配方花寶 1 號水溶液(稀釋 500、1000 倍)、砂糖水溶液(1、3%) 均勻攪拌後放入殺菌釜內進行殺菌
  - (2) 將 4 % 的氯化鈣水溶液均勻攪拌後放入殺菌釜內進行殺菌
  - (3) 造粒配方溶解殺菌後分裝至圓粒型製冰盒中
  - (4) 放入青江菜種子於造粒溶液內 (薄薄一層蓋住即可)
  - (5) 倒入 4 % 的氯化鈣水溶液於圓粒型製冰盒表層，5 分鐘，促使凝結完成造粒等人工種子浮起即可取出，並用清水沖洗表面
  - (6) 將人工種子放入已殺菌完成的衛生紙試管中
  - (7) 拍攝與觀察紀錄青江菜人工種子生長的變化(如圖五)

研究二、比較人工種子在造粒後不同環境下生長發育的最佳條件

### (一) 不同介質測試植物生長情形

研究預期目標：找出人工種子最適合的栽培介質

1. 實驗材料：青江菜種子、藻膠酸鈉水溶液(4%)、氯化鈣水溶液(4%)、培養土、衛生紙、食用色素紅色 6 號、食用色素藍色 4 號
2. 實驗流程：
  - (1)將秤量調配好的造粒配方均勻攪拌後放入殺菌釜內進行殺菌
  - (2)將 4 %的氯化鈣水溶液均勻攪拌後放入殺菌釜內進行殺菌。
  - (3)造粒配方溶解殺菌後分裝至圓粒型製冰盒中
  - (4)放入青江菜種子於造粒溶液內（薄薄一層蓋住即可）
  - (5)倒入 4 %的氯化鈣水溶液於圓粒型製冰盒表層，5 鐘，促使凝結完成造粒。等人工種子浮起即可取出，並用清水沖洗表面
  - (6)將人工種子放入培養土、衛生紙中。(如圖六)
  - (7)拍攝與觀察紀錄並比較青江菜人工種子生長的變化

### (二) 不同光照環境測試人工種子的生長情形

研究預期目標：找出最適合人工種子生長的光照環境

1. 實驗材料：綠豆、藻膠酸鈉水溶液(4%)、氯化鈣水溶液(4%)、植物生長箱、黑色塑膠布、食用色素紅色 6 號
2. 實驗流程：
  - (1)秤量調配好的造粒配方攪拌後放入殺菌釜內進行殺菌
  - (2)將 4 %的氯化鈣水溶液均勻攪拌後放入殺菌釜內進行菌。
  - (3)造粒配方溶解殺菌後分裝至圓粒型製冰盒中
  - (4)放入綠豆種子於造粒溶液內（薄薄一層蓋住即可）
  - (5)倒入 4 %的氯化鈣水溶液於圓粒型製冰盒表層，5 分鐘，促使凝結完成造粒。等人工種子浮起即可取出，並用清水沖洗表面
  - (6)將人工種子放入已殺菌完成的衛生紙試管中
  - (7)將已造粒完成之人工種子分別放入暗處理組、全日照組、對照組的環境下
  - (8)拍攝與觀察紀錄綠豆人工種子發芽的變化(如圖七)

研究三、探討培植體人工種子經乾燥與裝填膠囊保存處理後存活的可行性

### (一)松葉景天、玉米、青江菜人工種子乾燥後覆水實驗，裝入膠囊

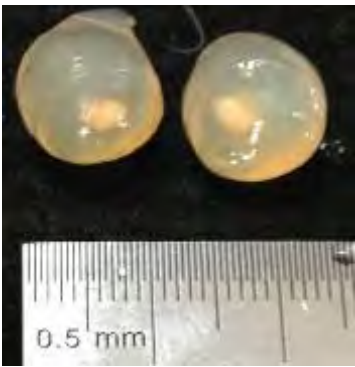

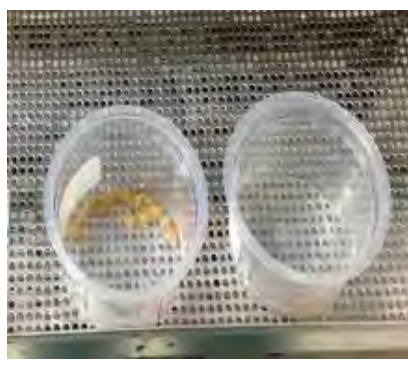



研究預期目標：探討不同乾燥時間與人工種子重量和體積的變化與探討覆水後生長情形，並找出人工種子保存最適合乾燥的時數，已了解人工種子裝入膠囊後生長情形

1. 實驗材料：青江菜、松葉景天、玉米、木瓜、藻膠酸鈉水溶液 (4%)、氯化鈣

水溶液(4%)、明膠膠囊、不同顏色的膠囊

## 2. 實驗流程:

- (1) 將調配好的造粒配方均勻攪拌後放入殺菌釜內殺菌
- (2) 將 4% 的氯化鈣水溶液均勻攪拌後放入殺菌釜內殺菌
- (3) 將藻膠酸鈉分配至製冰盒中，放入培植體(青江菜、松葉景天、玉米)
- (4) 倒入氯化鈣水溶液於表層，等人工種子浮起即可取出。並用清水沖洗表面
- (5) 測量並記錄人工種子的大小與重量
- (6) 將人工種子放入冷風乾燥機內乾燥於第 2 天、2.5 天、3 天、3.5 天，  
之後分別取出觀察與紀錄人工種子直徑大小與重量變化
- (7) 將乾燥後的種子放入水中，調查不同覆水時間體積與重量
- (8) 觀察明膠膠囊內人工種子的生長狀況並記錄

		
1. 製作完成的人工種子	2. 測量人工種子直徑與重量變化	3. 將人工種子放入冷風乾燥機中乾燥的情形
		
4. 人工種子乾燥後情形	5. 將覆水後的人工種子種植於培養土中	6. 將乾燥後人工種子放置於膠囊內，種植於培養土中

圖三、乾燥人工種子實驗流程



## 伍、研究結果

研究一、測試氯化鈣及養分濃度對培植體造粒定型與生長的差異

(一)不同濃度氯化鈣水溶液對人工種子造粒定型及生長之影響

1. 由(表一)發現低濃度的氯化鈣水溶液或時間太短會影響人工種子造粒效果甚至的無法成型(如圖四)
2. 由(表二)發現氯化鈣濃度低的易發霉，濃度高的雖不易發霉但也不容易生長，浸泡時間也需較長，由研究顯示 4%、5 分鐘的比例不易發霉且有利萌發（如表二）

表一、不同濃度氯化鈣水溶液對人工種子造粒定型之比較

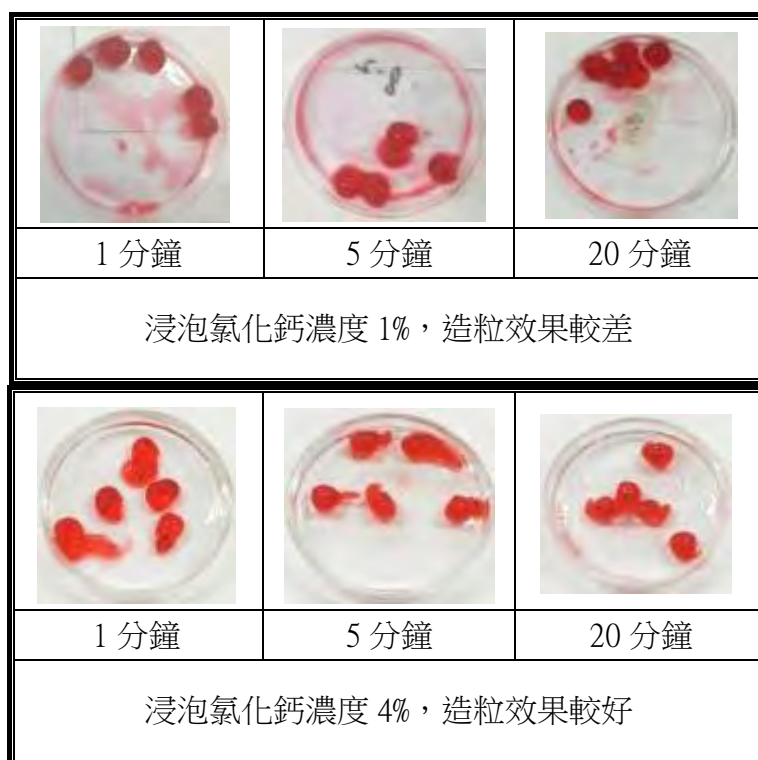
時間 氯化鈣濃度	1 分鐘	3 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	20 分鐘
1%	X	X	X	0	0
2%	X	X	0	0	0
3%	X	0	0	0	0
4%	0	0	0	0	0

【註 1】X 表示不成型，易軟化破裂 0 表示成型

表二、不同濃度氯化鈣水溶液對人工種子萌發生長之比較

浸泡 時間 氯化鈣 濃度	播 種 天 數	3 分鐘	5 分鐘	10 分鐘	20 分鐘
1%	4	X	X	*	◎
	8	X	X	*	◎
	12	X	X	*	◎
2%	4	X	*	*	◎
	8	X	*	*	◎
	12	X	*	*	*
3%	4	*	◎	◎	◎
	8	*	○	○	◎
	12	*	○	○	◎
4%	4	○	◎	◎	◎
	8	○	○	◎	◎
	12	○	○	○	◎

【註 1】\* 發霉 ◎ 維持沒發芽 ○成功發芽生長



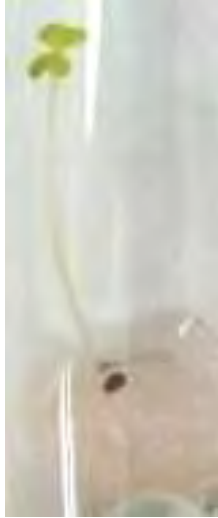


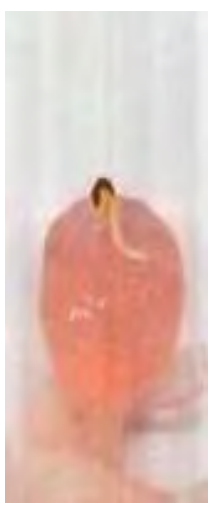


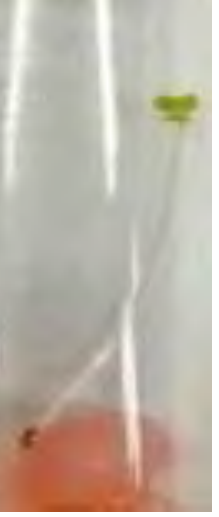
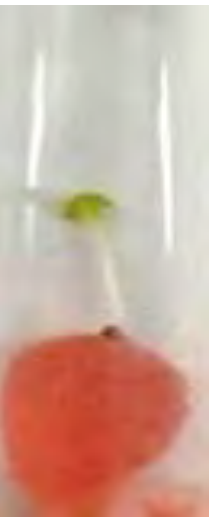
圖四、浸泡不同氯化鈣水溶液及時間人工種子成型比較

(二)不同養分測試人工種子的生長情形

1. 由(表三)養分濃度愈低對青江菜人工種子初期生長較佳，(圖五)花寶 1000 倍莖生長的發育最好、速度最快
2. 測試人工種子造粒後的培植體培育，以清江菜的發芽狀況可達 80%以上

表三、不同花寶養分濃度測試人工種子的生長

播種 天數 花寶 濃度	播種 天數		播種 天數 砂糖 濃度	播種 天數	
	第七天	第十四天		第七天	第十四天
500 倍	2cm	4cm	1%	2cm	4cm
1000 倍	3cm	7cm	3%	0cm	1cm

濃度 播種 天數	花寶 500 倍	花寶 1000 倍	砂糖 1%	砂糖 3%
第七天				
第十四天				

圖五、不同養分濃度測試人工種子

研究二、比較人工種子在造粒後不同環境下生長發育的最佳條件

(一)不同介質測試人工種子的生長情形

- 1.發現使用衛生紙讓植物生長的效果較佳
- 2.使用衛生紙也較方便觀察植物生長情形
- 3.培養土保水性衛生紙較佳不易失水，初期生長速度較慢(如表四)隨著播種天數增加，發芽數量與衛生紙的數量相同



圖六、不同介質測試人工種子







表四、不同介質培育人工種子發芽時間之比較

作物與 介質  播種 天數	青江菜人工種子		玉米人工種子	
	衛生紙組	培養土組	衛生紙組	培養土組
	發芽累計數量		發芽累計數量	
3	3	0	0	0
5	5	4	3	1
7	5	5	4	3
9	5	5	5	4
12	5	5	5	5

[備註]不同介質參試每組各五顆人工種子

(二)不同光照環境測試人工種子的生長情形

- 1.由實驗可知光照處理組比暗處理組容易生長(如圖七)
- 2.以光照處理不同人工種子，依作物的種類會有不同的效果。細小的種子或好光性的作物種類暗處理的效果對植物的發芽並沒有促進的效果。
- 3.大多數嫌光性的人工種子種子例如玉米、綠豆暗處理有利於種子發芽長根。

處理 天數	全日照	暗處理	對照組
第二天	 <p>單位(cm)</p>	 <p>單位(cm)</p>	 <p>單位(cm)</p>
第六天	 <p>單位(cm)</p>	 <p>單位(cm)</p>	 <p>單位(cm)</p>

圖七、不同光照環境測試綠豆人工種子的發芽情形

研究三、探討培植體人工種子經乾燥與裝填膠囊保存處理後存活的可行性

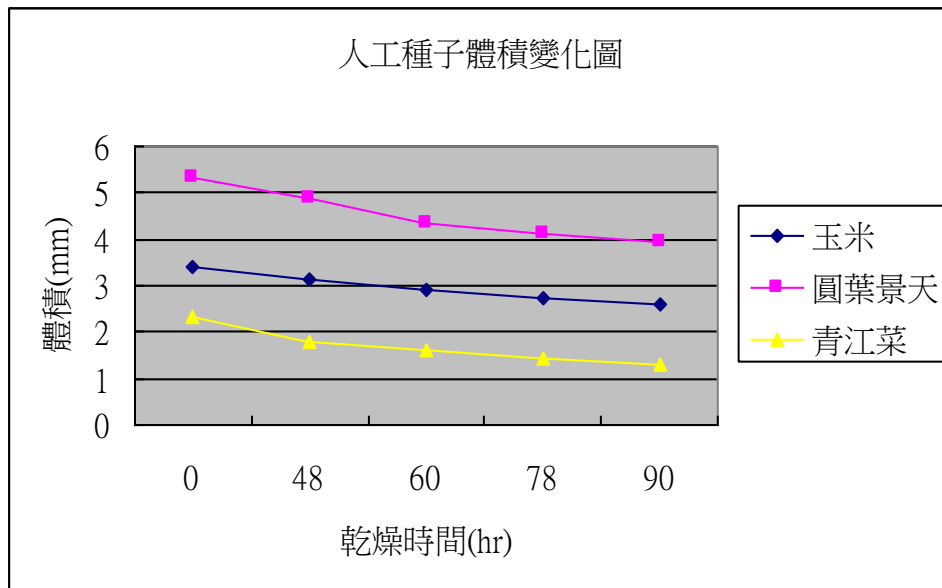
(一)玉米、松葉景天、人工種子乾燥覆水後生長情形

1. 乾燥前後體積變化(如表五)，經覆水後種下玉米、松葉景天人工種子順利突破生長
2. 發現覆水 4 小時內，體積和重量快速增加，4 小時後則無明顯變化(如圖十)
3. 發現將人工種子乾燥是個儲存晶粒的好辦法
4. 儲藏一個月的人工種子培植體覆水再生存活紀錄(如表五)，存活率：玉米 60%、松葉景天 70%、青江菜 90%。
5. 將乾燥後的人工種子放入透明膠囊儲藏四十五天覆水再生存活的情形(圖十二)。

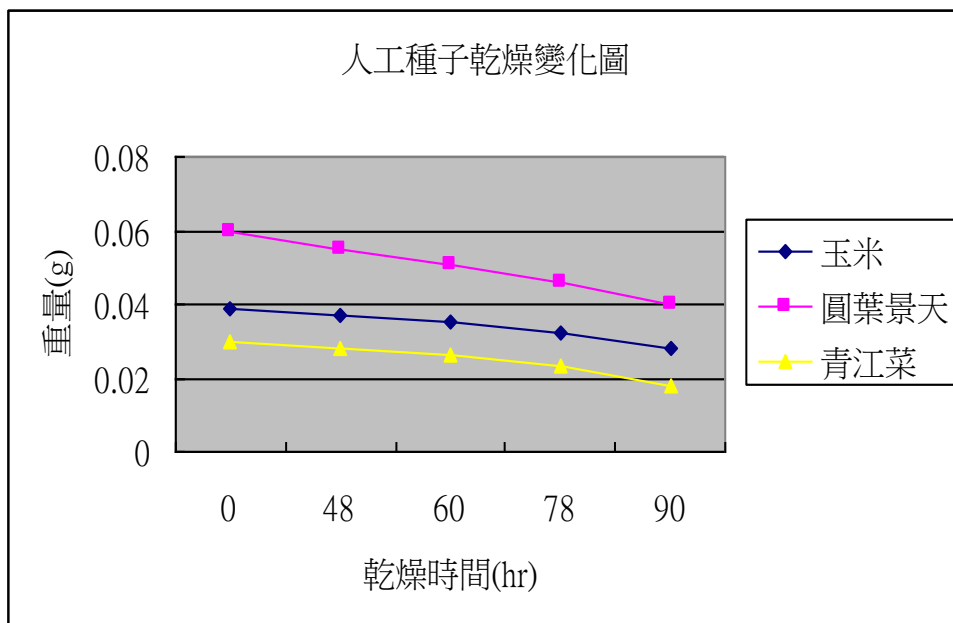
表五、不同作物人工種子乾燥前後重量體積之比

作物 乾燥 (hr)	玉米		圓葉景天		青江菜	
	體積	重量	體積	重量	體積	重量
0	3.4±1.3	0.039±0.014	5.3±1.2	0.06±0.011	2.3±1.69	0.03±0.019
48	3.1±1.2	0.037±0.017	4.2±1.4	0.055±0.007	1.7±1.47	0.028±0.01
60	2.8±1.4	0.035±0.012	3.1±1.2	0.051±0.014	1.6±1.66	0.026±0.015
78	2.7±1.1	0.032±0.016	2.8±1.1	0.046±0.018	1.4±1.38	0.023±0.01
90	2.6±1.0	0.028±0.017	2.6±1.5	0.04±0.011	1.3±1.25	0.018±0.012

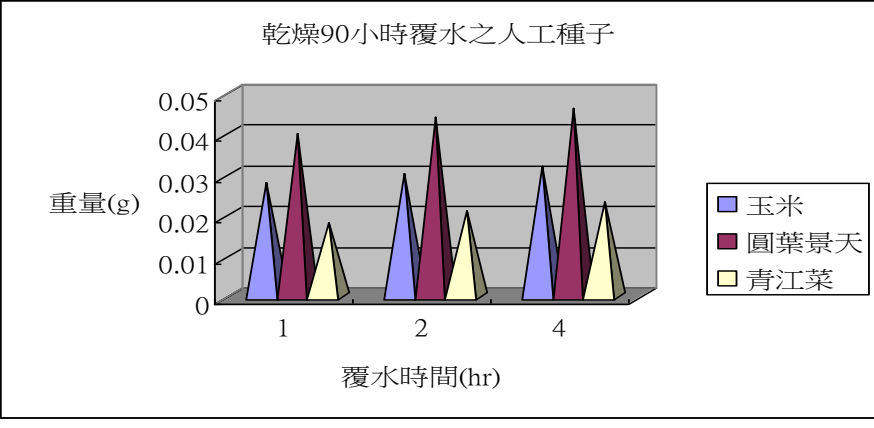
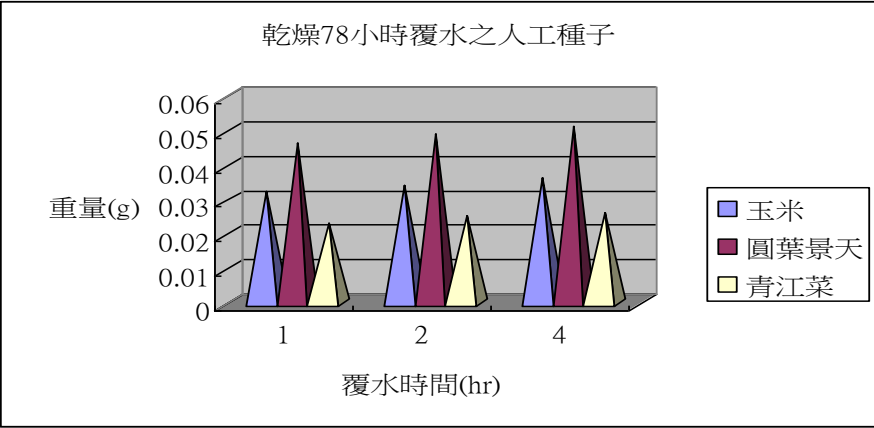
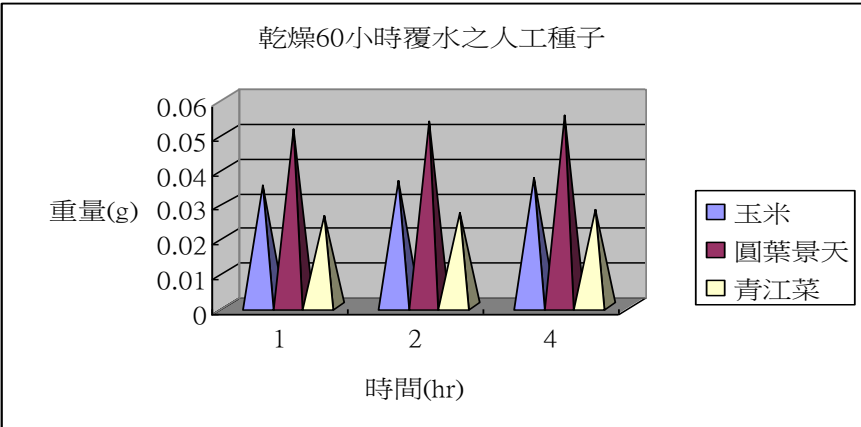
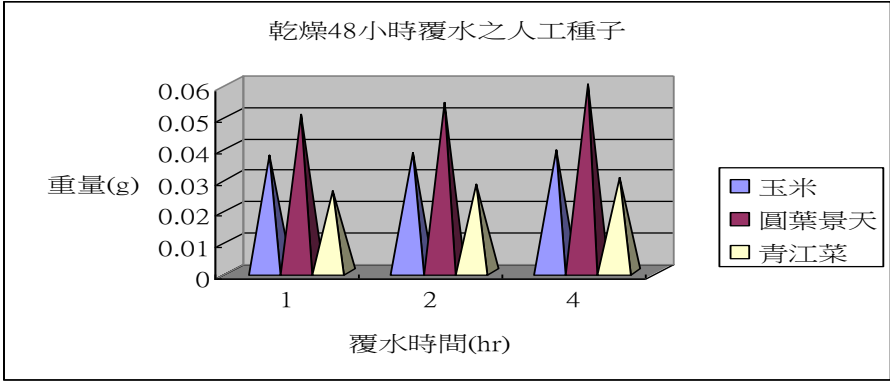
[備註] 1. 體積單位(mm)、重量單位(g) 2. 每組為 10 個參試樣品平均值



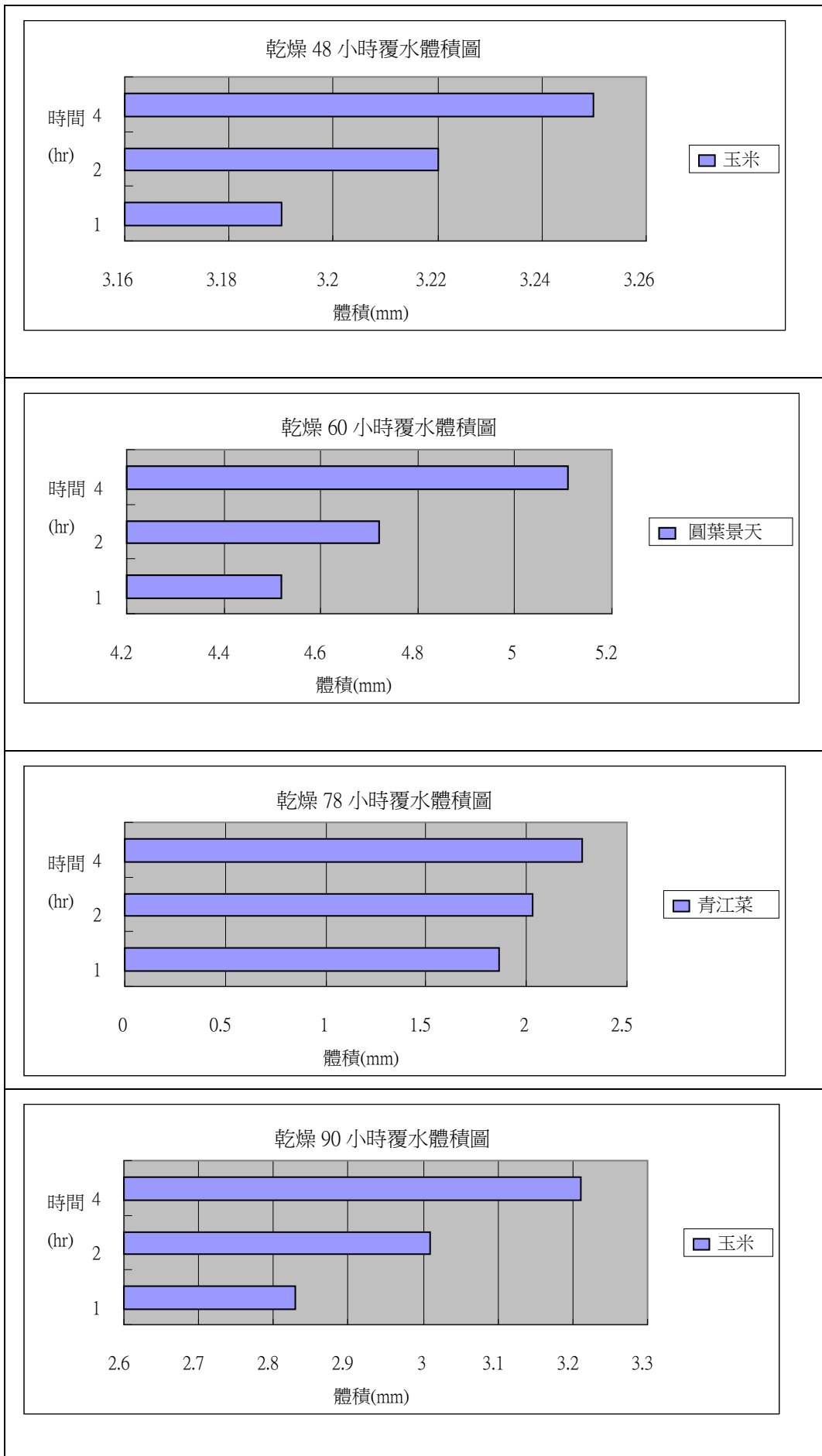
圖八、人工種子覆水後體積變化







圖九、人工種子覆水後重量變化



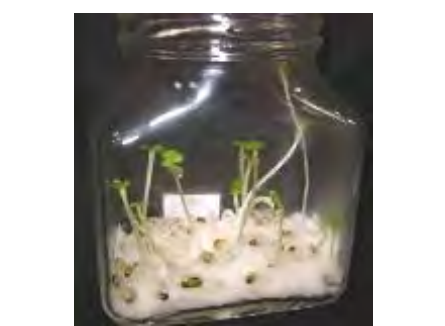







圖十、乾燥後覆水體積、重量變化

	
<p>人工種子乾燥前後與裝入膠囊情形</p>	<p>玉米人工種子乾燥後覆水 左:覆水前 右:覆水後</p>
	
<p>人工種子膠囊種入土中情形</p>	<p>景天人工種子覆水後 7~10 天突破人工種皮</p>

圖十一、人工種子置入膠囊覆水後培育觀察

	
<p>青江菜人工種子生長情形</p>	<p>蘆筍人工種子生長情形</p>
	
<p>松葉景天人工種子生長情形</p>	<p>圓葉景天人工種子生長情形</p>

圖十二、人工種子置放膠囊後培育一個月生長的變化

## 陸、討論

研究一、測試氯化鈣及養分濃度對培植體造粒定型與生長的差異

### (一) 不同濃度氯化鈣水溶液對人工種子成長之影響

1. 氯化鈣水溶液隨著濃度倍數愈高，人工種子成型愈快，但不利生長，且生長效果差，約 4% 成形效果最好，也利生長。藻膠酸鈉是由單糖醛酸線性聚合而成的多糖，若碰到氯化鈣水溶液便會行離子交互作用，使液態藻膠酸鈉凝固為固態膠狀，而控制成形的因素便是時間與水溶液濃度比例。
2. 培植體器官的選用也是成功誘導再生植株發育的關鍵，以玉米來說，胚製成的人工種子較一般種子繁殖發芽時間快。經實驗後發現，若是提高濃度減少浸泡時間，離子交互會不完全，人工種子易龜裂；若是降低濃度延長浸泡時間，則不符合造粒方便快捷的需求，因此，在氯化鈣水溶液濃度 4% 下浸泡 5 分鐘的成品是最好的。

### (二) 不同養分測試人工種子的生長情形

1. 本實驗顯示花寶一號稀釋 1000 倍水溶液的生長效果比稀釋 500 倍的水溶液較佳，推論原因養分濃度高，可能造成高滲透壓，使培植體無法順利吸收養分，不利於人工種子生長。
2. 以 1% 糖水溶液生長效果比 3% 糖水溶液佳；花寶水溶液比糖水溶液效果佳，推論原因，可能培植體生長時需要的養份是多元性的成分，而非單一葡萄糖。

研究二、比較培植體人工種子後在不同環境下生長發育的最佳條件

### (一) 不同介質測試人工種子的生長情形

1. 使用衛生紙當人工種子的栽培介質，在初期方便觀察培植體發芽生長的情形，但後期無法提供培植體良好的發育環境。使用培養土能提供人工種子長根與發芽較多的養分，保水性佳，所以推估以人工種子培育的模式在未乾燥的情況下田間生長初期會較緩慢，但萌發長根後生長勢越來越好。
2. 人工種子栽培初期應該提供濕度較高的環境，因為有利於藻膠的水解，使培植體的代謝順利而有利於生長。

### (二) 不同光照環境測試人工種子的生長情形

1. 光照會影響到植物的光合作用，人工種子的培植體通常體積較小加上膠膜包覆，補光能力較一般幼苗弱，所以不同的光波長射會左右人工種子生長的速率。植物

生長光照因素分為全日照和暗日照，且紅光中紫外線光波波長較短，破壞性較弱，利於發根。

2. 暗處理在初期有利於長根，但如何有利於初期幼苗的生長與發育，所以人工造粒的顏色上有更多研究的空間。

### 研究三、探討培植體人工造粒經乾燥與膠囊保存處理後存活的可行性

#### (一) 松葉景天、玉米、青江菜人工種子乾燥覆水後生長情形

1. 利用冷風以 23°C 乾燥 48 小時，為最佳的乾燥模式。若乾燥溫度提高至 35°C 以上，人工種子內的培植體會因高溫而降低活性甚至死亡。
2. 不同作物人工種子造粒後乾燥的測試顯示乾燥前後水分喪失與覆水後重量的變化速率不同，推論原因跟培植體的表面積、構造大小所呈現的數值會有所差異。
3. 乾燥後覆水對人工種子再生最大的關鍵點在於細胞膜的通透性是否因過低的含水量而造成膜的破裂，使細胞修復產生阻礙，若是以人工種子作為種原保存的模式水分的控制後續需再進一步的研究。
4. 市售膠囊可分為動物性及植物性，前者是以明膠(牛皮等結締組織的氨基酸製成)為主原料加上純水製成。後者則為羥丙基甲基纖維素(萃取松木的纖維製成)為主原料加上純水製成。本次實驗以動物性膠囊為參試材料，可了解人工種子以膠囊方式保存，在培育時，初期會產生較高濃度的胺基酸溶解於土中，此時栽培介質選用吸附性較高的介質，有利於種子初期的生長發育。

#### (二) 松葉景天、玉米、青江菜人工種子乾燥儲存情形

1. 人工造粒乾燥後，放入凝膠膠囊中，保存活性的測試在三種作物存活率均可達 50 % 以上，顯示膠囊對培植體保存具有隔離、保護的功能，使用透明膠囊保存人工種子較容易觀察，固定規格化，是將來可供開發的科技產品。
2. 放入膠囊的人工種子覆水誘導再生，會產生膠囊遇水溶解軟化的現象，但是經過水解後很快就消失於無形，在幼苗生長初期也不會造成干擾。
3. 膠囊的大小與培植體造粒後的體積需做對應，乾燥的人工種子培植體越大，建議需使用較大的膠囊以利培植體置入，較小的培植體若使用太大的膠囊則浪費空間，也會浪費成本。

4. 膠囊的顏色及形狀仍有開發研究的空間，如能使用顏色區隔人工種子的品種與存放時間，將可讓消費者明確辨識。
5. 為避免人工種子在覆水生長時產生發霉的現象，於培育過程中可以利用防護機制來達成目標，首先進行培植體消毒，製作過程中在無菌狀態下生產人工種子，並以低溫冷風乾燥的方式，降低水份，接著使用膠囊做二層保護，如此可使人工種子發霉機率降至最低。
6. 在膠囊製作設計上未來也能添加天然抑菌萃取液及養料等成分來幫助人工種子生長。對於膠囊成份的創新與調製也可進一步研究與開發。

## 柒、結論

培植體經人工種子造粒後乾製，放入透明膠囊進行保存，確實可以達成種源保存的目的，經覆水再生的繁殖方式也能測出培植體極佳的存活率。人工種子發展的技術與時日增，由本實驗研究結果得知，進行人工種子造粒乾燥後，以膠囊保存的生產技術具有相當的潛力。就植物繁殖體如胚、生長點或種子等進行造粒後，利用冷風乾燥機將其含水量降低約 13%，並放入膠囊內保存於 19~21°C 室溫環境一個月後，經覆水培植後可誘導再生形成完整植株。此膠囊保存人工種子的研究結果與傳統的人工種子生產來看更具有農業企業化發展的條件，對於發展本土植物種苗生產與種源保存的應用，將成為一項具有遠景的新興科技產業。



## 捌、參考文獻

王亞男(2006)。第五期/農業生技產業季刊。

西村繁夫(1988)。人工種子(最近の種苗増殖技術)。取自：

<http://ci.nii.ac.jp/naid/40003097984/>。

貝守昇(1988)。人工種子開發に関する基礎的研究: 乾燥した人參不定胚の植物體再生。  
東北大學農學研究所報告。

張聰明(1994)。談番木瓜實生苗與扦插苗。台南區農業專訊第8期: 13~14頁。

張銘、黃華榮、魏小勇(2000)。植物人工種子研究進展。Chinese Bulletin of Botany。

郭仲琛(1990)。植物體細胞胚胎發生與人工種子。2012.10.12-取自:<http://www.3689w.com>。

陳冠名(2000)。基礎園藝。台南市: 復文。

陳思廷(2002)。常春月刊(台灣) 2002.12。

## 【評語】 091404

1. 實驗具創意，對特定高經濟植物如紅豆杉及水蜜桃等具有應用價值。
2. 能充分應用所學設計實驗，實驗結果豐富。
3. 團隊表現佳，相關資料收集齊全。
4. 建議能以更客觀精準之方法進行實驗。