

花蓮縣第 66 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

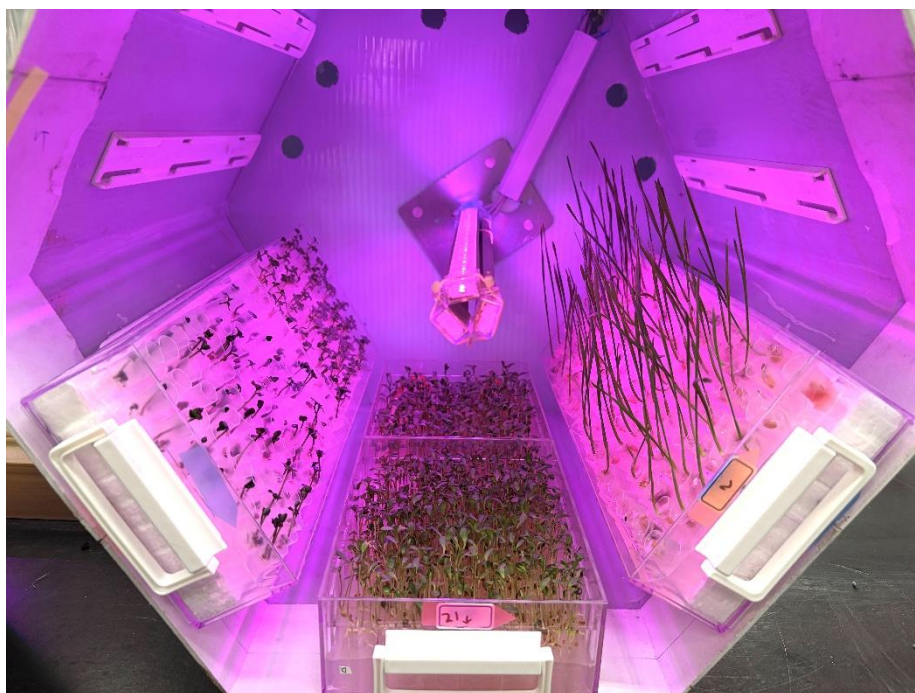
科別：生活與應用科學科 (二)

組別：國中組

作品名稱：微重力下的綠色挑戰：太空農作之基質成分改良

關鍵詞：洋菜膠、卡拉膠

編號：



(*圖片出處註 1)

目錄

摘要.....	2
壹、研究動機.....	2
貳、研究目的.....	3
參、研究設備及器材.....	4
肆、研究流程與方法.....	5
伍、研究結果.....	10
實驗 1：單一水膠種植作物的成長（高度）比較.....	10
實驗 2：混合不同體積比例之洋菜膠及卡拉膠對作物的成長（高度）比.....	10
實驗 3：2/3 洋菜膠添加培養土、液態肥及氣泡對作物的成長（高度）比較.....	11
實驗 4-1：第一次回收水膠再種植對作物的成長（高度）比較.....	11
實驗 4-2：第二次回收水膠再種植對作物的成長（高度）比較.....	12
實驗 5-1：水膠添加不同比例之培養土對作物的成長（高度）比較.....	12
實驗 5-2：具液態肥水膠添加不同比例之培養土對作物的成長（高度）比較.....	13
實驗 6-1：紫高麗菜在不同比例之混合水膠生長（葉面積）之比較.....	13
實驗 6-2：羅勒在不同比例之混合水膠生長（葉面積）之比較.....	14
實驗 6-3：芽菜蘿蔔在不同比例之混合水膠生長（葉面積）之比較.....	14
壹、討論.....	15
貳、結論.....	20
參、參考資料及其他.....	20

摘要

本研究旨在改良太空農作的基質，解決微重力下傳統土壤顆粒飄散，可能導致太空人吸入造成呼吸系統風險。研究提出利用洋菜膠與卡拉膠構成的水膠栽種，不僅能增加黏著性防止顆粒飄散，還能穩定維持水分與養分供應。

研究結果：在不含添加物的情況下，以洋菜膠與卡拉膠體積比為 2:1 種植的小麥草生長高度最佳。若增加添加物，則以添加液態肥的生長表現最為顯著。此外，研究證實水膠基質具有可回收性，雖回收後的肥力會隨之下降，但可透過重新添加液態肥來恢復其栽種效能。針對不同作物，研究發現羅勒與芽菜蘿蔔在添加培養土或液態肥時生長最好，而紫高麗菜則在純洋菜膠中表現較佳。改良後的水膠基質期能為未來長期的太空任務提供更安全且可持續的糧食生產方案。

壹、研究動機

某次參觀臺北市立天文科學教育館時，我們看到展示櫃裡陳列著太空人的食物。這些食物雖能維持基本的營養需求，卻往往乾燥冰冷，並需搭配大量營養補充品。長期食用這樣的飲食，難免令人質疑其健康性。於是我們想到：既然食物難以大量運送至其他星球，何不嘗試直接在太空站中栽培植物？然而，在太空環境中進行栽培並非易事。除了缺乏重力，培養土基質本身也可能帶來風險。若顆粒逸散漂浮於空氣中，不僅可能被太空人吸入而影響呼吸系統，嚴重時甚至有死亡風險。因此，如何穩定基質成分，成為太空農業亟需解決的重要課題。

我們希望利用天然水膠並加入不同添加物來培育植物。這樣的設計不僅能提升基質的黏著性與穩定性，避免顆粒飄散，同時也能維持植物所需的水分與養分供應。若此改良能成功，將有助於建立更安全且可持續的太空栽培系統，也為未來長期太空任務提供可靠的食物來源。

貳、研究目的

- 一、單一水膠種植作物的成長（高度）比較
- 二、混合不同體積比例之洋菜膠及卡拉膠對作物的成長（高度）比較
- 三、2/3 洋菜膠添加培養土、液態肥及氣泡對作物的成長（高度）比較
- 四、回收水膠再種植對作物的成長（高度）比較
- 五、水膠添加不同比例之培養土對作物的成長（高度）比較
- 六、農作物在不同比例之混合水膠生長（葉面積）之比較

參、研究設備及器材

實驗器材:如表一

冰塊盒	試管	塑膠針管	培養土
			
卡拉膠粉	洋菜膠粉	液態肥	小麥草種子
			

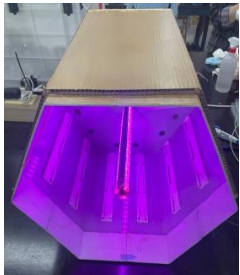
羅勒種子	紫高麗菜種子	芽菜蘿蔔種子	LED 燈管
			
種植艙	游標卡尺	溫度計	加熱器
			

表 1、實驗器材(*圖片出處註 1)

肆、研究流程與方法

一、研究架構與流程

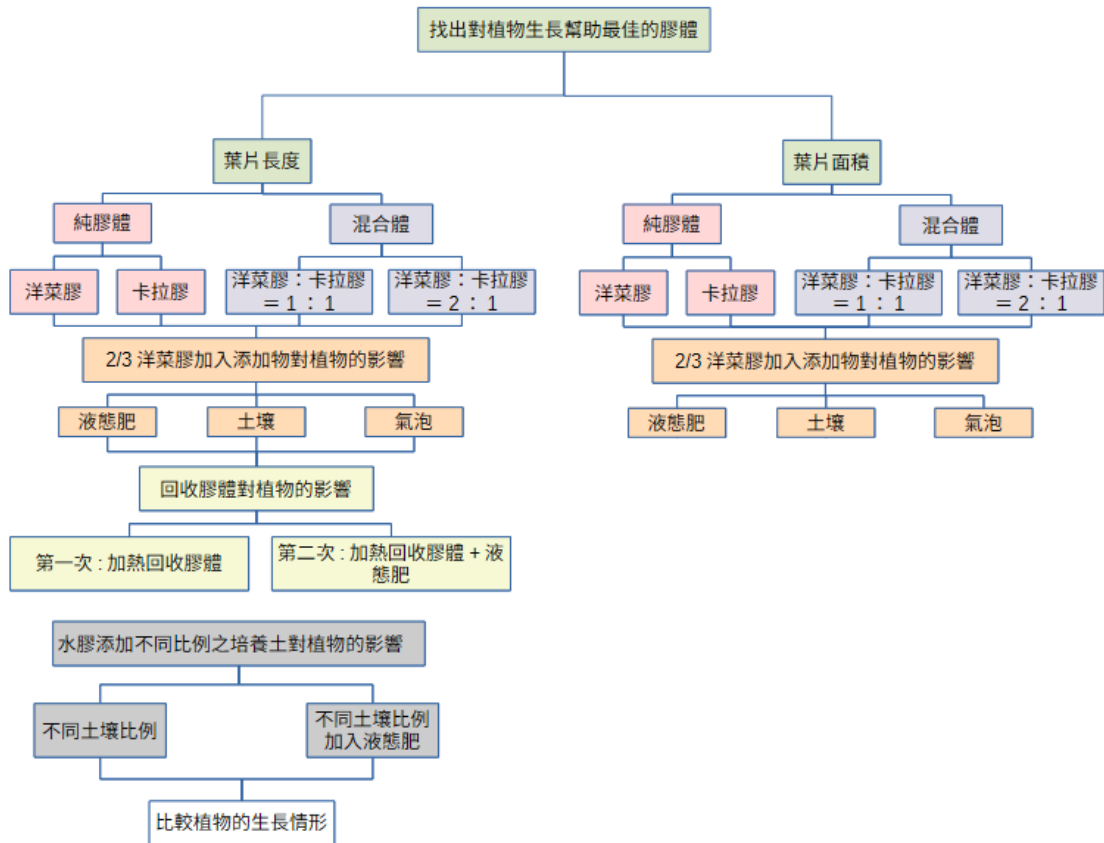


圖 1、實驗架構圖

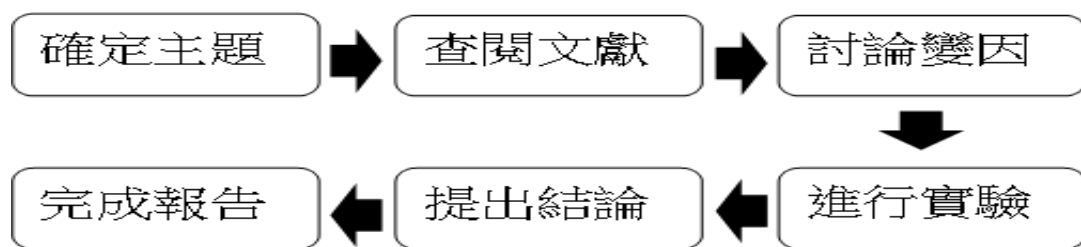


圖 2、實驗流程圖

二、文獻探討

- (一) 太空農業：太空農業是指在太空站或地外天體上栽培糧食作物的技術。隨著人類推動長期太空任務，糧食補給成為重大挑戰。發展太空農業不僅能降低對地球的依賴，還能建立封閉式生態系統，透過植物回收二氧化碳、淨化水源並產生氧氣，形成小型人工生態圈。然而，太空環境面臨微重力、強輻射、低氣壓，以及培養土缺乏活性氮等問題。儘管如此，科學家已成功在太空培育多種作物，顯示技術具可行性。若能突破環境限制，太空農業將成為人類邁向星際殖民的重要基礎。
- (二) 洋菜膠：洋菜是由紅藻石花菜科植物中提煉出的天然膠質，又稱寒天、菜燕。主要成分為洋菜糖與硫酸聚糖。洋菜屬於親水性膠佳，即使重量濃度僅 1% 也能形成穩定凝膠，並且不易溶於冷水，熔點高、耐熱性高，並改善產品組織與增加膠強度。洋菜廣泛應用於實驗室，作為細菌培養基或用於植物組織培養，具有一定的科學價值。
- (三) 卡拉膠：卡拉膠是一種從紅藻類海藻中提取的天然多醣膠體。它能形成較硬且穩定的凝膠，有利於固定培養基並支撐植物材料生長，穩定性良好還可使培養基保持適當硬度與保水性，促進植物組織或幼苗的正常生長。卡拉膠一般為白色或淡黃色粉末，無臭無味，具有良好的親水性與增稠性。它不溶於冷水，但可吸水膨脹。因此，在植物組織培養實驗中，卡拉膠常被用作培養基的凝固與穩定材料，有助於形成均勻、透明且穩定的培養環境，提升培養成功率。

三、實驗流程

實驗 1：單一水膠種植作物的成長(高度)比較

1、純洋菜膠

取洋菜粉 1.8g 加上 300ml 的水加熱至 80℃，降溫後分別倒入 10 支 30ml 試管。待洋菜膠成膠凍狀後於每管中各種下一顆小麥草種子，於栽種後第二日起施以 24 小時紅藍光照射（後續種植皆於第二日開始施以 24 小時紅藍光照

射，後文皆省略不再贅述)，每日量測葉片成長高度及記錄。

2、純卡拉膠

取卡拉膠粉 1.8g 加上 300ml 的水加熱至 70℃，降溫後分別倒入 10 支 30ml 試管。待卡拉膠成膠凍狀後於每管中各種下一顆小麥草種子 (如圖 3)，每日量測葉片成長高度及記錄。



圖 3、以卡拉膠種植小麥草(*圖片出處註 1)

實驗 2：混合不同體積比例之洋菜膠及卡拉膠對作物的成長 (高度) 比較

1、洋菜膠與卡拉膠體積比 1：1 (後續以洋菜 1/2 表示)

取卡拉膠粉與洋菜粉 0.9g 分別加入 150ml 的水並加熱至完全溶解，降溫後將洋菜膠與卡拉膠依體積比 1：1 製作混合膠，分別倒入 10 支 30ml 試管。待水膠成膠凍狀後於每管中各種下一顆小麥草種子，每日量測葉片成長高度及記錄。

2、洋菜膠與卡拉膠體積比 2：1 (後續皆以 2/3 洋菜膠表示)

取卡拉膠粉 0.6g 加入 100ml 的水及洋菜膠粉 1.2g 加入 200ml 的水分別加熱至完全溶解，降溫後將洋菜膠與卡拉膠依體積比 2：1 製作混合膠，分別倒入 10 支 30ml 試管。待水膠成膠凍狀後於每管中各種下一顆小麥草種子，每日量測葉片成長高度及記錄。

實驗 3：2/3 洋菜膠添加培養土、液態肥及氣泡對作物的成長 (高度) 比較

- 1、2/3 洋菜膠添加培養土：依實驗 2-2 配置混合水膠 (2/3 洋菜膠)，於 10 支試管分別加入 0.3g 培養土再將降溫之混合水膠倒入試管中，待水膠成膠凍狀後於每管中各種下一顆小麥草種子，每日量測葉片成長高度及記錄。
- 2、2/3 洋菜膠添加液態肥：依實驗 2-2 配置混合水膠 (2/3 洋菜膠)，降溫至 40°C 加入 2ml 之液態肥，分別倒於 10 支試管中，待水膠成膠凍狀後於每管中各種下一顆小麥草種子，每日量測葉片成長高度及記錄。
- 3、2/3 洋菜膠打氣泡：依實驗 2 之 2 配置混合水膠 (2/3 洋菜膠)，降溫後以塑膠針管將混合水膠打氣產生氣泡再倒入試管中 (如圖 4)，水膠成膠凍狀後於每管中各種下一顆小麥草種子，每日量測葉片成長高度及記錄。



圖 4、水膠打入氣泡
(*圖片出處註 1)

實驗 4：回收水膠再種植對作物的成長 (高度) 比較

※ 實驗 4-1：第一次回收 (加熱)

取實驗 3 添加培養土、液態肥及氣泡之混合水膠，經第一輪種植後取出小麥草再行重新加熱溶解，降溫之混合水膠倒入試管中，待水膠成膠凍狀後於每管中各種下一顆小麥草種子，每日量測葉片成長高度及記錄。

※ 實驗 4-2：第二次回收 (加熱+液態肥)

取實驗 4-1 經第二輪種植之混合水膠，取出小麥草再行重新加熱溶解，降溫後加入 2ml 之液態肥並倒入試管中，待水膠成膠凍狀後於每管中各種下一顆小麥草種子，每日量測葉片成長高度及記錄。

實驗 5：水膠添加不同比例之培養土對作物的成長 (高度) 比較

※ 實驗 5-1：2/3 洋菜膠加入不同比例之培養土：

取三十支試管，十支分別加入 0.6g 培養土，十支分別加入 0.9g 培養土以及十支分別加入 1.2g 培養土，再依實驗 2-2 配置混合水膠 (2/3 洋菜膠) 後倒入試管中，待水膠成膠凍狀後於每管中各種下一顆小麥草種子，每日量測葉片成長高度及記錄。

※ **實驗 5-2**：具液態肥之 2/3 洋菜膠加入不同比例之培養土：

取三十支試管，十支分別加入 0.3g 培養土，十支分別加入 0.6g 培養土以及十支分別加入 0.9g 培養土，再依實驗 2-2 配置混合水膠 (2/3 洋菜膠) 加入 0.66% 體積百分比液態肥後倒入試管中，待水膠成膠凍狀後於每管中各種下一顆小麥草種子，每日量測葉片成長高度及記錄。

實驗 6：農作物在不同比例之混合水膠生長 (葉面積) 之比較

製備以下八種水膠：純卡拉膠、純洋菜膠、1/2 洋菜膠、2/3 洋菜膠、2/3 洋菜膠加入培養土 (0.01g/ml)、2/3 洋菜膠加入液態肥 (0.66%)、2/3 洋菜膠打入氣泡以及 2/3 洋菜膠加入液態肥 (0.66%) 及培養土 (0.01g/ml)。

※**實驗 6-1**：以上列八種水膠種植紫高麗芽：取每格 20ml 的製冰盒 (一盒 12 格)，每種水膠倒入五格製冰格並標記之，待水膠成膠凍狀後於每格種下 2 顆紫高麗芽種子。如下圖 5。

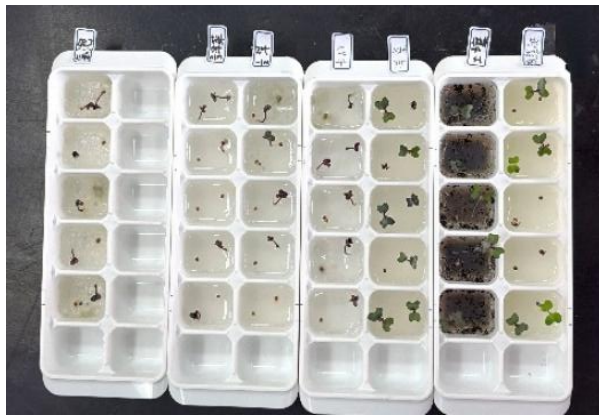


圖 5、製冰盒種植種子(*圖片出處註 1)

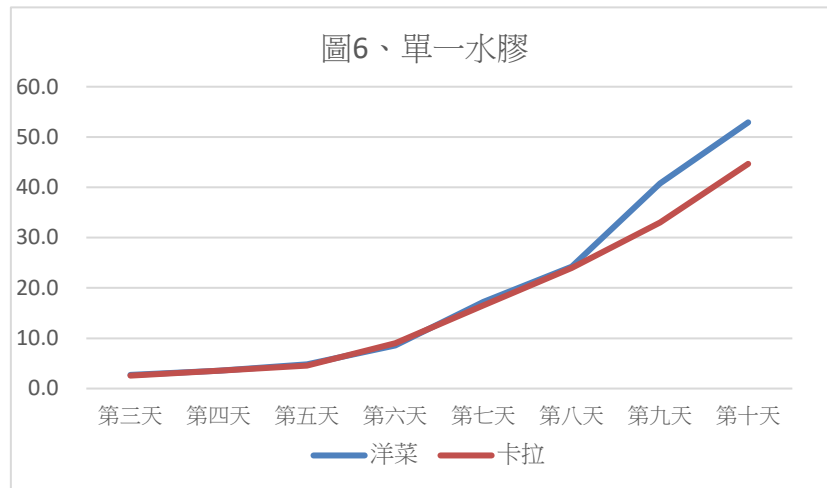
※**實驗 6-2**：以上列八種水膠種植羅勒：取每格 20ml 的製冰盒(一共 12 格)，每種水膠倒入五格製冰格並標記之，待水膠成膠凍狀後於每格種下 2 顆羅勒種子。

※**實驗 6-3**：以上列八種水膠種植芽菜蘿蔔：取每格 20ml 的製冰盒(一共 12 格)，每種水膠倒入五格製冰格並標記之，待水膠成膠凍狀後於每格種下 2 顆芽菜蘿蔔種子。

伍、研究結果

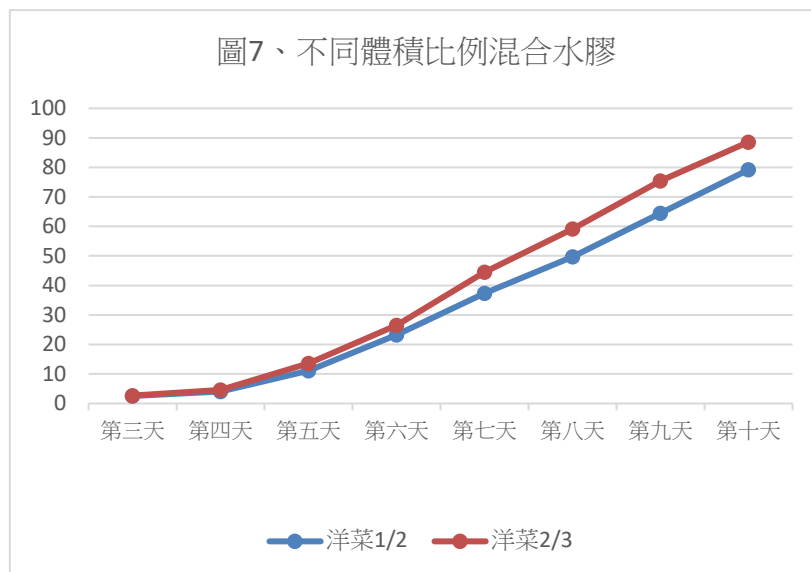
實驗 1：單一水膠種植作物的成長 (高度) 比較

以單一水膠卡拉膠及洋菜膠種植小麥草，紀錄十日內植物生長高度如下表。以純洋菜膠為基質時，十天後小麥草成長高度至 52.9mm，相較卡拉膠成長較佳。



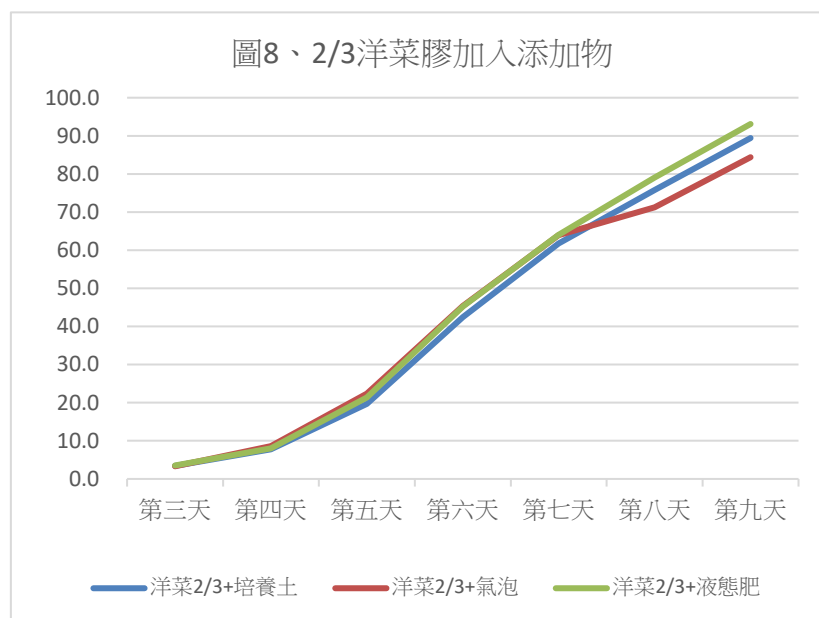
實驗 2：混合不同體積比例之洋菜膠及卡拉膠對作物的成長 (高度) 比較

以 1/2 洋菜膠以及 2/3 洋菜膠種植小麥草，紀錄十日內植物生長高度如下表。2/3 洋菜膠種植十天後小麥草成長高度為 88.6mm，為其中成長最佳的。



實驗 3：混合水膠添加培養土、液態肥及氣泡對作物的成長 (高度) 比較

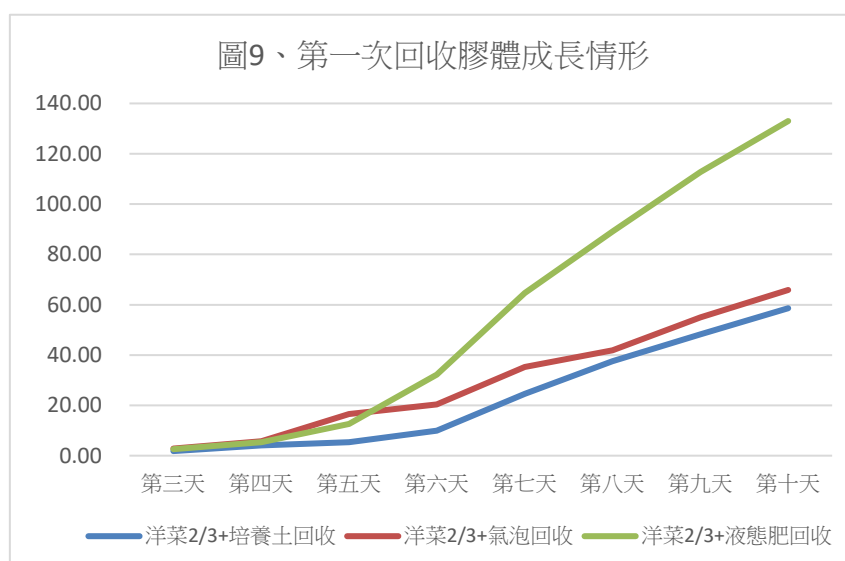
以 2/3 洋菜膠添加培養土、液態肥及氣泡種植小麥草，紀錄十日內植物生長高度如下表。以 2/3 洋菜膠添加液態肥，九天後小麥草成長高度為 112.8mm，為其中成長最佳，其次為添加培養土。



實驗 4：回收水膠再種植對作物的成長 (高度) 比較

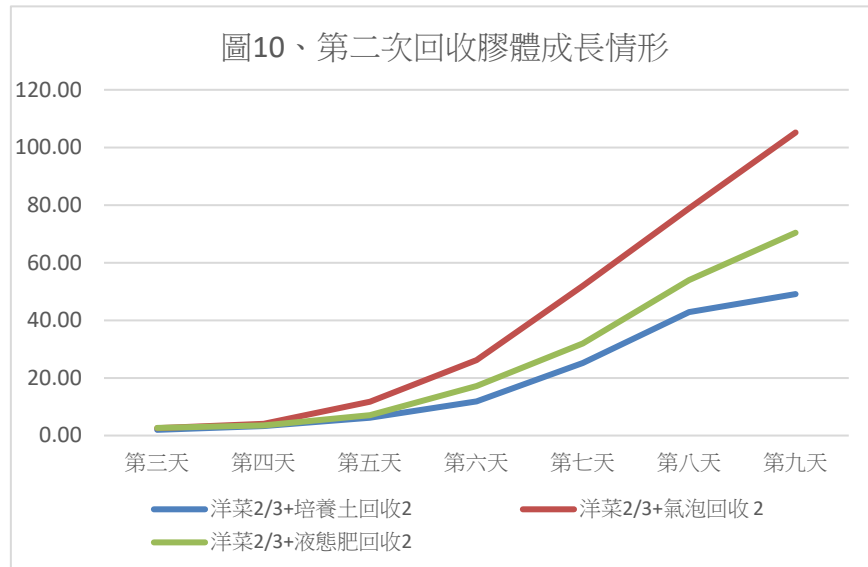
※實驗 4-1：第一次回收 (加熱)

以實驗 3 回收的膠體再加熱做為栽種基質，十天之間每日植物生長長度如下表。十天後洋菜 2/3 加液態肥為基質的小麥草成長高度為 93.1mm，為其中成長最佳。



※實驗 4-2：第二次回收 (加熱+液態肥)

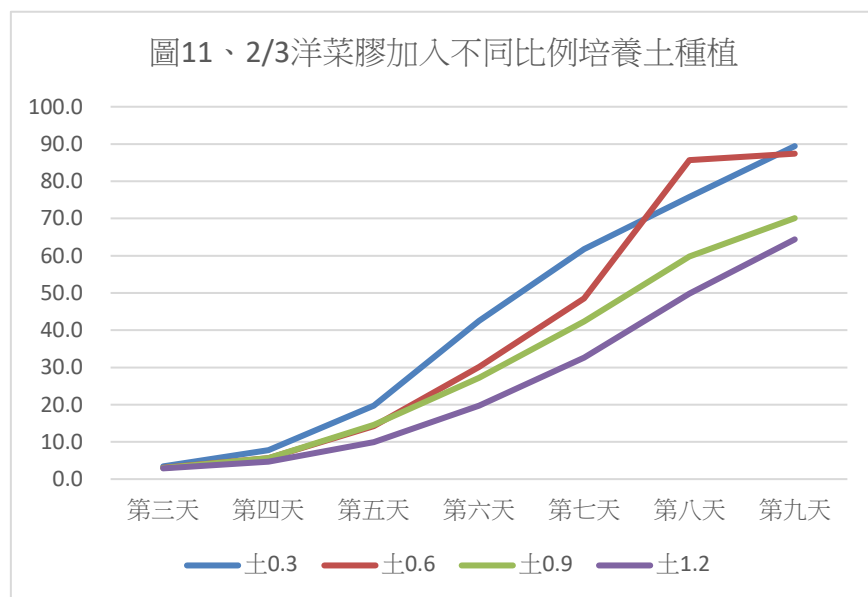
以第一次回收的膠體重新加熱再加入 0.66%液態肥做為栽種基質，九天之間每日植物生長長度如下表。九天後 2/3 洋菜膠加氣泡的小麥草成長高度為 129.1mm，為其中成長最佳。



實驗 5：水膠添加不同比例之培養土對作物的成長 (高度) 比較

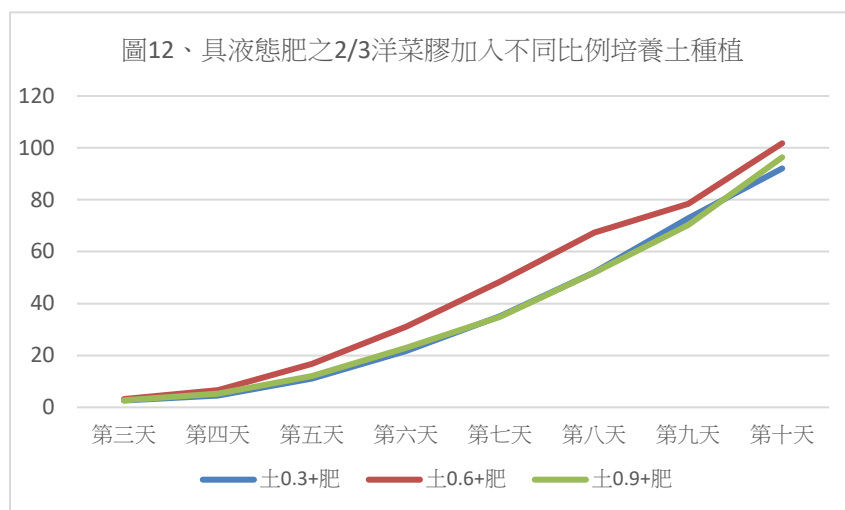
※實驗 5-1：2/3 洋菜膠加入不同比例之培養土

2/3 洋菜膠加入培養土 0.6g、0.9g、1.2g 做為栽種基質，其中每試管添加 0.3g 培養土時，十天後小麥草成長幅度為 89.4mm，為其中成長最佳。



※實驗 5-2：具液態肥之 2/3 洋菜膠加入不同比例之培養土

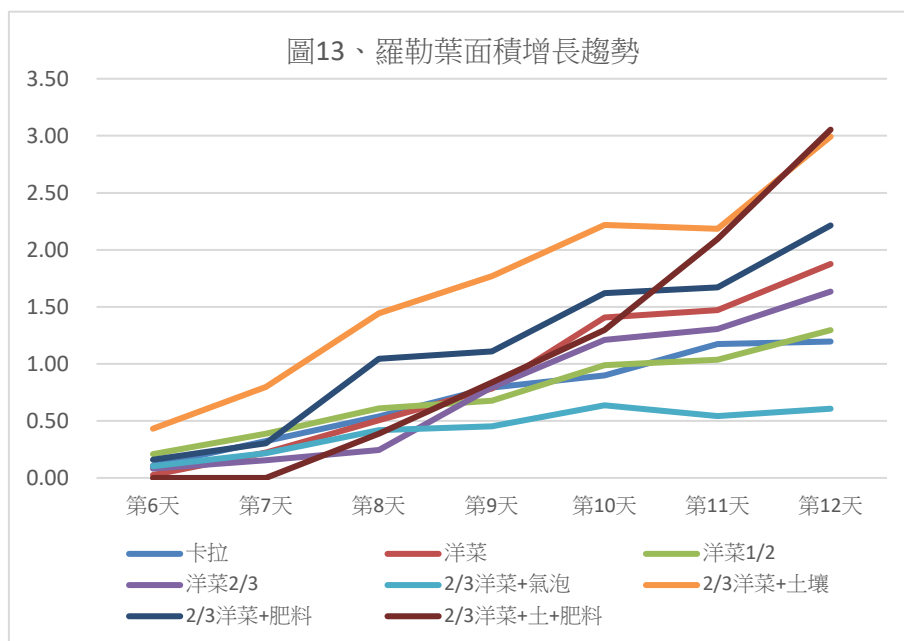
添加液態肥之 2/3 洋菜膠加入培養土 0.3g、0.3g、0.9g 做為栽種基質，其中每試管添加 0.6g 培養土時，十天後小麥草成長幅度為 101.7mm，為其中成長最佳。



實驗六：農作物在不同比例之混合水膠生長 (葉面積) 之比較

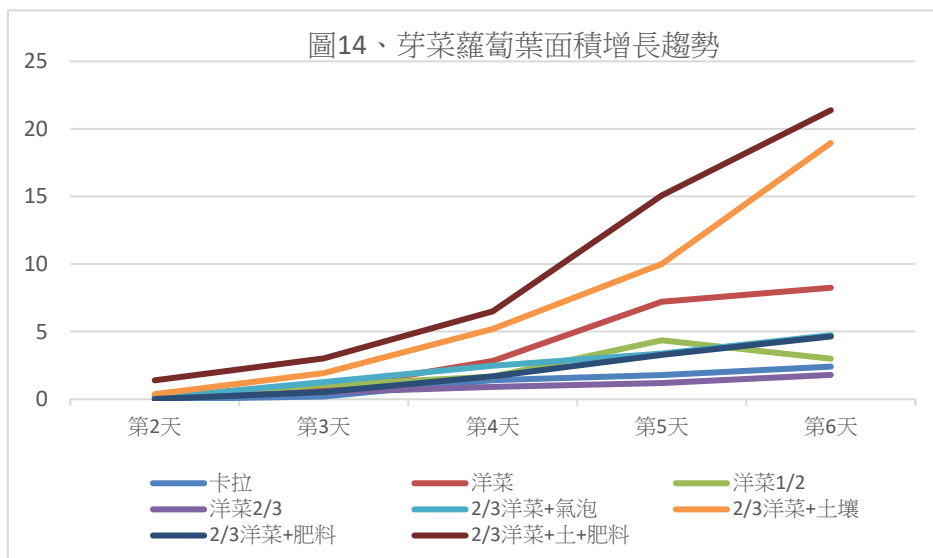
※實驗 6-1：以八種水膠種植羅勒

以八種水膠種植羅勒種子，葉面積增長以 2/3 洋菜膠+土壤的整體成長表現最佳。



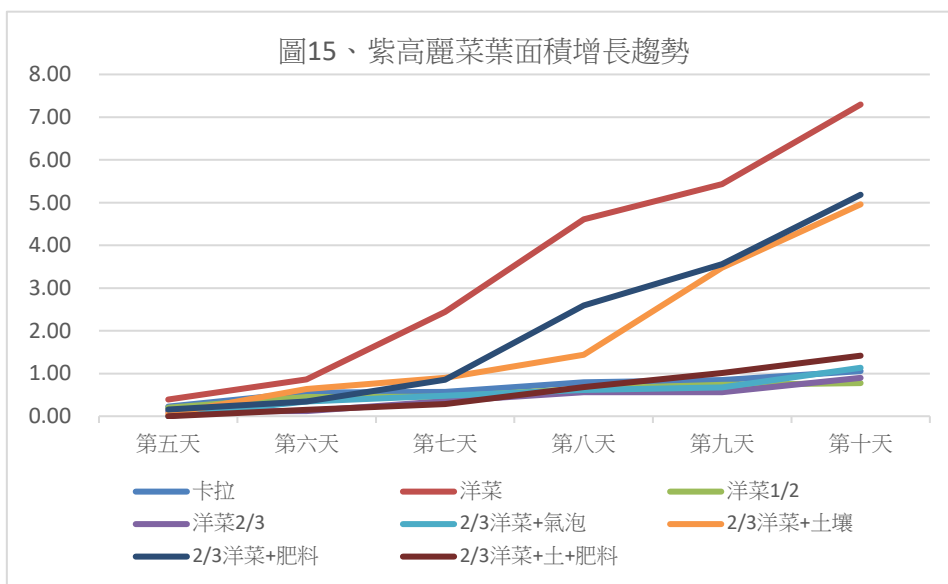
※實驗 6-2：以八種水膠種植芽菜蘿蔔

以八種水膠種植芽菜蘿蔔種子，葉面積增長以 2/3 洋菜膠+土壤+液態肥的成長表現最佳。



※實驗 6-3：以八種水膠種植紫高麗菜

以八種水膠種植紫高麗菜種子，葉面積增長以純洋菜膠的成長表現最佳。



陸、討論

一、我們團隊中的一位成員曾於去年參加花蓮縣青少年發明展，作品名稱為「太空農場」。當時的發想是設計一種模組化的種植倉，應用於微重力環境中的太空站，以進行芽菜的培育（如圖 16、17 所示）。

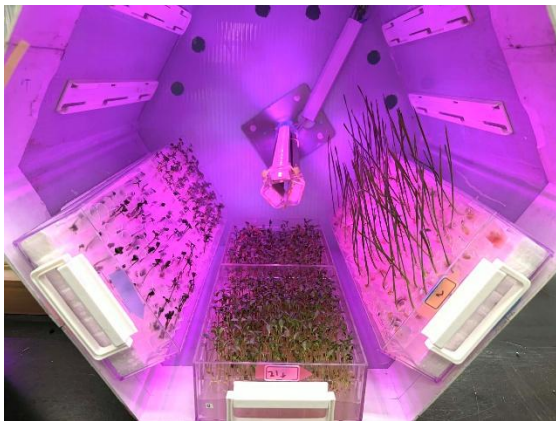
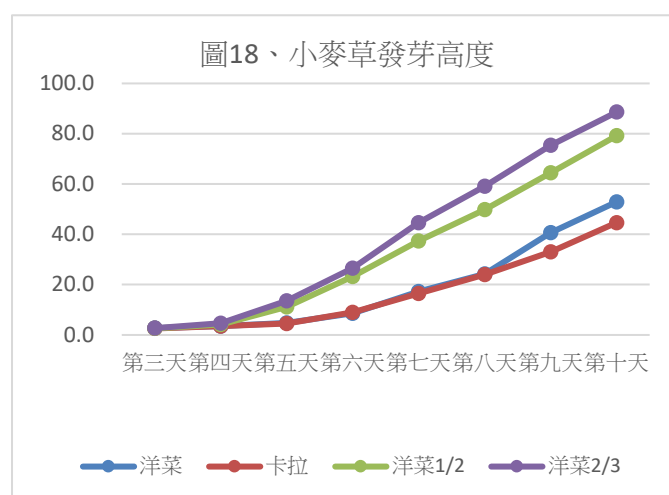


圖 16、17(*圖片出處註 1)

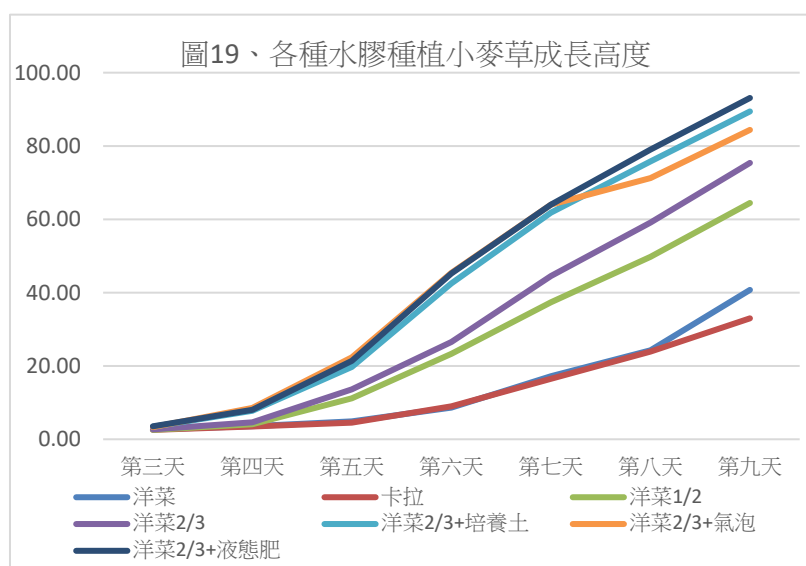
目前，各國太空站也已成功採用土壤種植部分農作物，例如：日本太空人曾嘗試種植羅勒。然而，在微重力環境下使用土壤，容易產生土屑飄散的問題，進而可能被太空人吸入，造成健康風險。因此，在當時的發明展中，我們將土壤改以純洋菜膠作為種植基質。此材料不僅具有良好的保水性，同時也能避免顆粒飄散於空中，提升太空環境中的安全性。在發明展之後，我們進一步思考：若以洋菜膠作為栽培基質確實可行，是否能透過調整與改良其成分，找出更適合植物生長的水膠配方？基於此想法，我們才著手進行一系列水膠組合針對種植作物成長表現的研究與成分改良，經過此研究也讓我們推論出最適合的水膠比例及添加物。

二、在同時比較純洋菜膠、純卡拉膠、1/2 洋菜膠及 2/3 洋菜膠種植小麥草的成長實驗中，2/3 洋菜膠種植的小麥草平均高度最高，如圖 18，即後續添加其他物質時皆以 2/3 洋菜膠為基本配方。

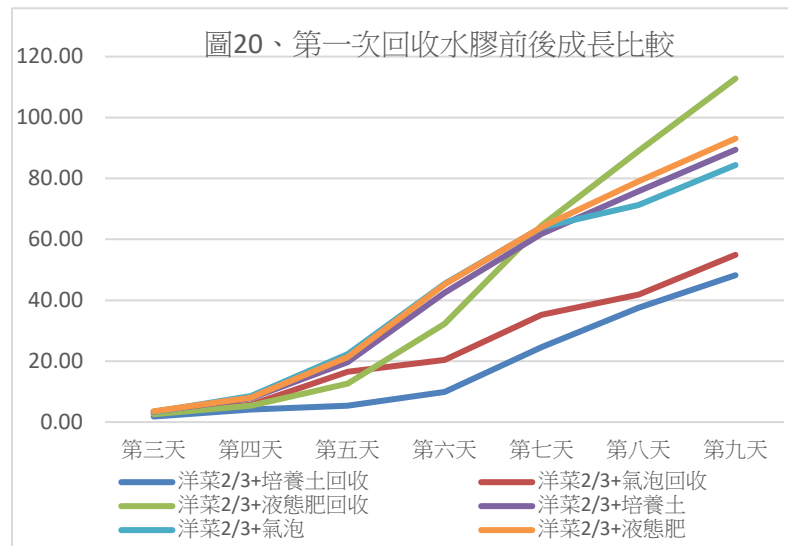


三、比較以下七種水膠〔純卡拉膠、純洋菜膠、洋菜 1/2、洋菜 2/3、洋菜 2/3 加入培養土 (0.01g/ml)、洋菜 2/3 加入液態肥 (0.66%)、洋菜 2/3 打入氣泡〕種植小麥草之成長高度，以 2/3 洋菜膠+液態肥最佳，其次為 2/3 洋菜膠+培養土，如圖 19。

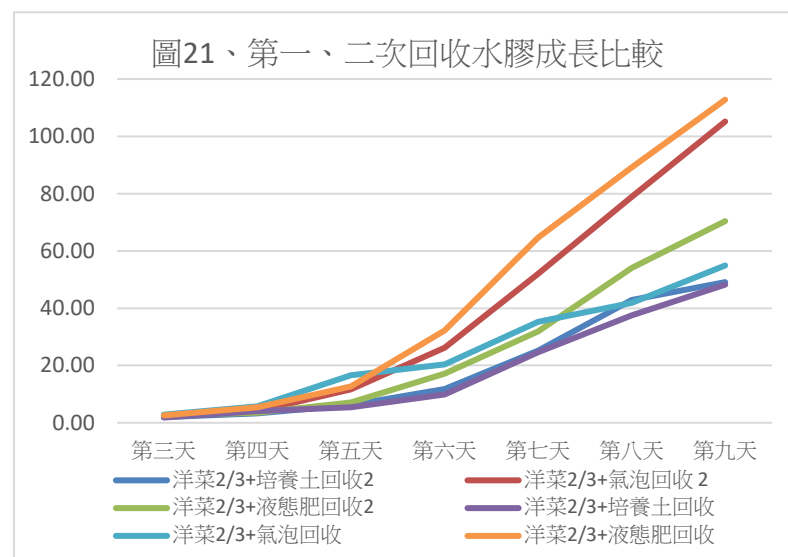
培養土能提供氮、磷、鉀等基本養分，以及調整酸鹼值，有利於植物發芽。而液態肥為市售配方，含各種比例之礦物質，亦有利於植物發芽成長。



四、第一次回收水膠跟最初的水膠栽種小麥草成長做比較，回收的水膠再一次種植小麥草成長相對低落成長高度比較差，但第一次回收的 2/3 洋菜膠+液態肥依然保有良好的基質肥力，如圖 20。

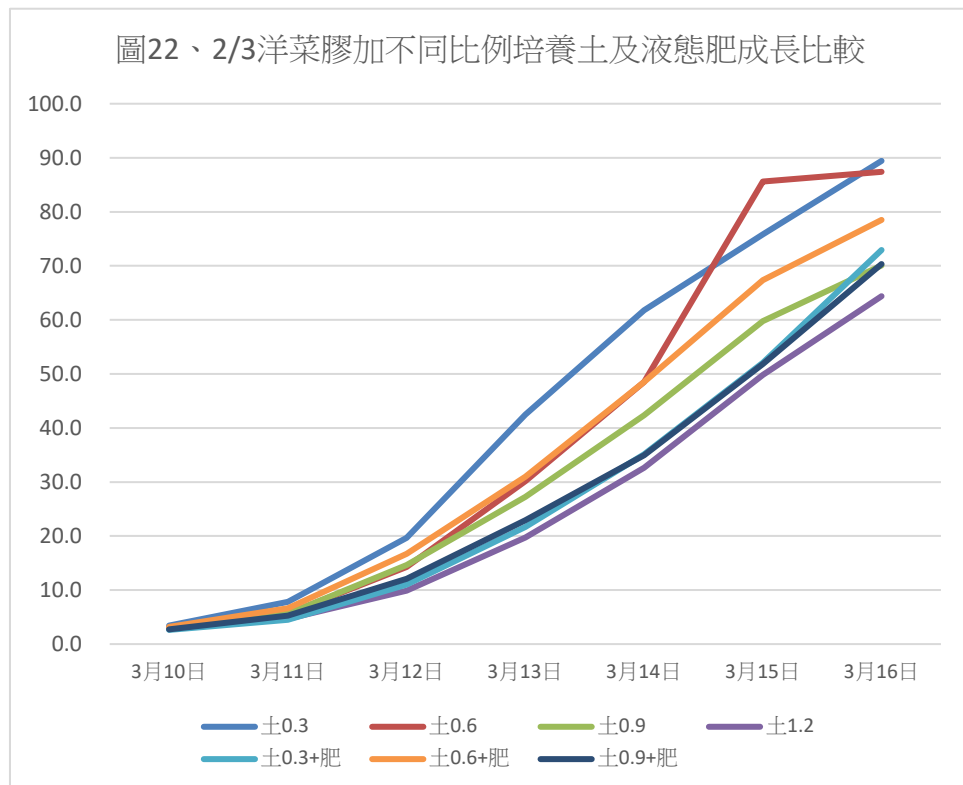


第一次跟第二次回收水膠種植小麥草做比較，因為第二次回收後有再加入 0.66%體積百分比之液態肥，因此第二次回收水膠種植小麥草成長相較第一次回收水膠種植表現較佳，如圖 21。



未來若能在太空站進行實際種植時，建議採用 2/3 洋菜膠加入液態肥的基質進行栽種，即使經過第一次回收製膠後栽種仍保持良好的栽種肥力，若要第二次回收成膠種植，可以採用補充液態肥的方式提升基質栽種肥力。

五、實驗 5 中 2/3 洋菜膠添加土壤的比例及 2/3 洋菜膠加土壤加液態肥下小麥草成長情形合併比較，2/3 洋菜膠只加 0.3g 的培養土即可達到較佳的成長情形，無需再增加培養土比例，如此可以減少成本之花費。而培養土加入液態肥的膠體栽種小麥草，成長情形比單純加培養土的膠體栽種為差。



六、實驗 6 農作物在不同比例之混合水膠生長 (葉面積) 之比較中，羅勒以及芽菜蘿蔔在 2/3 洋菜膠+培養土或是 2/3 洋菜膠+培養土+液態肥皆成長出較大的葉形面積 (如圖 23、24)，這樣的實驗結果與小麥草的芽葉長結果可相互佐證。

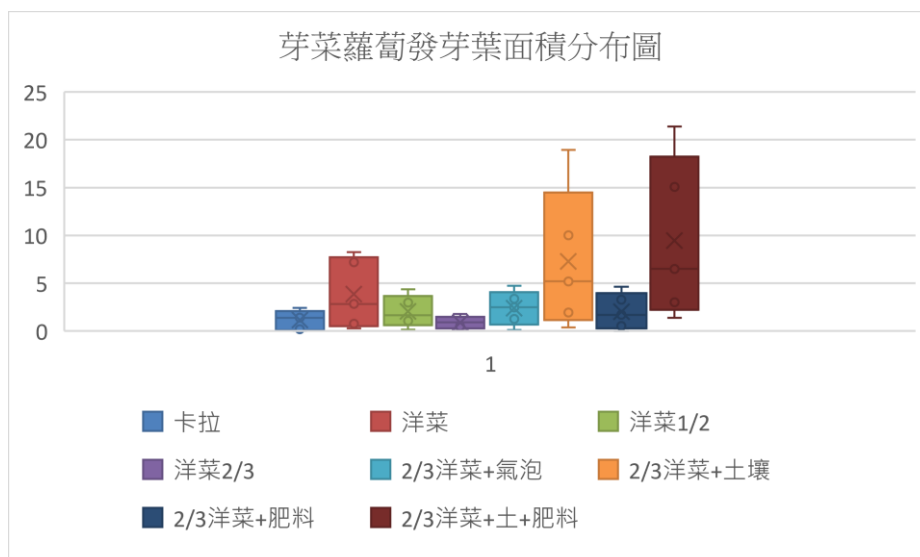


圖 23

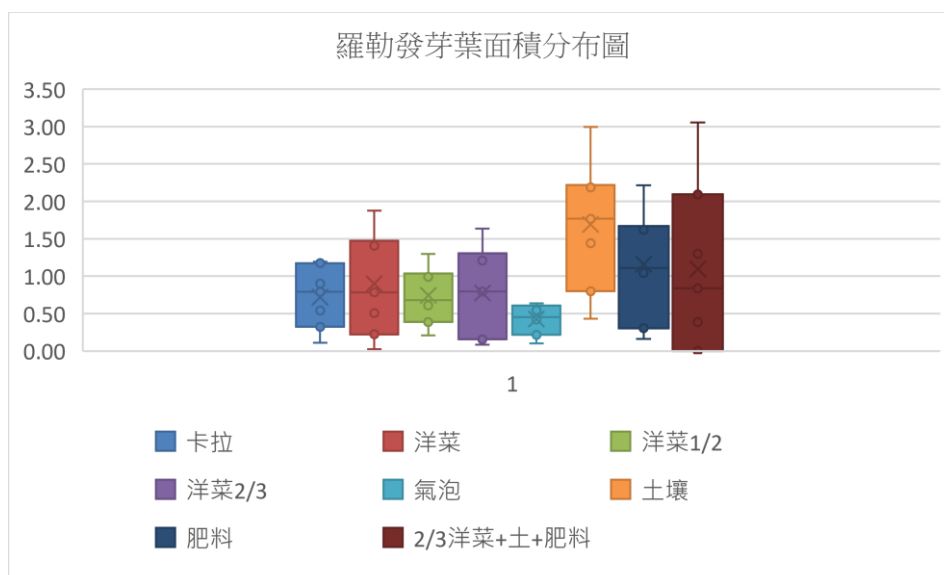


圖 24

柒、結論

- 一、隨著科技快速進展，人類對太空探索的重視程度日益提升，未來在外太空生活已逐漸成為必須面對的課題。其中，太空農業更是備受關注的重要議題。能夠在太空中提供新鮮蔬菜，不僅能補充太空人所需的植物性營養素，亦能帶來味覺上的滿足，甚至在心理層面上舒緩對地球的思念。
- 二、本研究探討水膠基質在太空種植上的可行性，並進行不同膠體比例的比較。結果顯示，單純使用膠體時，以洋菜膠 2/3 與卡拉膠 1/3 的比例為最佳配方，且在此基礎上添加液體肥料能顯著提升作物生長表現。
- 三、在永續利用方面，我們進一步測試膠體基質的回收再利用。研究結果證實，水膠基質可於太空站回收並補充肥料，以維持其肥力，具備良好的循環利用潛力。
- 四、此外，研究也發現適量添加土壤能提升作物生長效果，但並非添加越多越好，最佳濃度為 0.01 g/ml，即可達到良好的生長狀況。
- 五、目前研究僅以常見可生食之芽菜為主要樣本，未來可進一步針對不同作物進行更大規模的實驗，並分類各類植物適合的膠體配方，以建立更完整的太空農業栽培模式。本研究成果為太空農業的發展邁出重要一步，不僅能降低太空人呼吸系統的潛在風險，亦提升了農作栽培的便利性，未來若能在微重力環境下進行模擬，甚至直接於太空站進行種植，將使太空農業的願景更趨近於現實，開創太空生活新契機。

捌、參考資料及其他

- 一、陳羿樺、鄭霖澤、陳羿君(2018)。應用不同製備條件之纖維素水膠改良砂質與森林培養土保水性之探討。林業研究季刊 40(1)

附註 1.圖片及照片由作者親自製作或拍攝。