

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

(鄉土)教材獎

080215

綠金奇緣-海藻酸鈉的化腐為金應用

學校名稱：彰化縣彰化市南郭國民小學

作者： 小六 郭家萁 小五 陳均綺 小五 許恩于	指導老師： 夏棻沂
---------------------------------------	------------------

關鍵詞：海藻酸鈉、海藻酸鈣膜、農作物營養抑草蓆

摘要

本研究觀察海藻酸鈣膜的生成，發展以平面雙面交聯成膜方式，增強膜的韌性及滲透性，擴大海藻酸鈣膜應用性，開發為農業營養抑草膜。為讓海藻酸鈣膜有遮光抑草功能，混加茶渣茶單寧加鐵所生成的黑色素，或將咖啡渣混加入膜中，製成黑色海藻酸鈣膜，來取代普用的黑塑膠膜抑草蓆。除海藻酸鈣膜生成條件外，試驗雙面交聯成膜及雙(多)層膜的製作方式，及其滲透性。結果顯示，以茶單寧黑色素及咖啡渣製成的海藻酸鈣膜都可有效遮光、韌性佳、不易破損，具保濕性。期許後續將甘油加於海藻酸中，再加鈣交聯所生的成膜，具較高的滲透性，可添加肥料及營養劑於膜中，經緩釋放提供植物生長所需，既可抑草又可補充養分讓其生長，營造環境友善耕作的新模式。

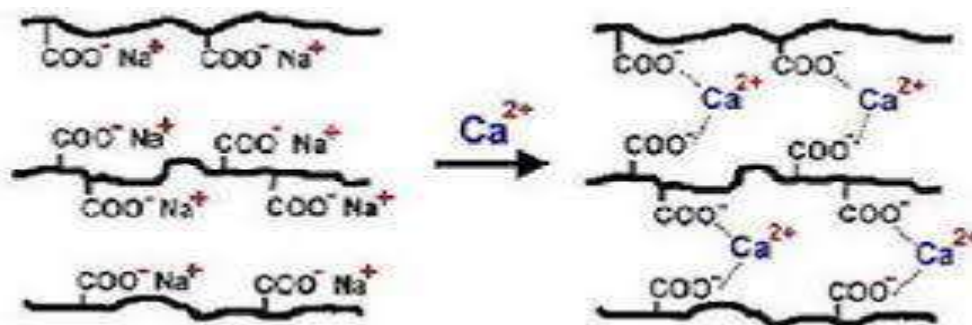
壹、前言

一、研究動機

近年來地球的暖化越來越嚴重，致使環保意識再度高漲，重視二氧化碳的增加問題與關心塑膠微粒在生物體的累積，以及對生態的潛在傷害。塑膠的發展給於人類很大的方便，但其製造的同時也造成二氧化碳的增加，而丟棄的塑膠則無法在不短的時間內分解消失，更是造成塑膠微粒危害的問題。因此，使用環境永續的天然資源來替代塑膠的使用已為大家所共識。英國大學生所發明的 Ooho，以海藻酸鈣膜成為容器，可有效減少塑膠的使用，在環境中也能在短時間被分解，成為減塑的典範。在農業的耕種上，傳統使用除草劑來除雜草，造成土壤汙染及劣化農地，為避除除草劑的劣化農地，黑色塑膠膜的抑草蓆就廣泛被使用來抑制雜草生長。然而，劣化破損抑草蓆的塑膠碎屑要很久才會被分解，卻也間接造成土壤中塑化劑及塑膠微粒的汙染。在一則土壤塑膠微粒與抑草蓆汙染的資訊報導(注意塑膠微粒對農業的危害-方儉 2023)吸引了我們的注意「大量使用的抑草蓆，不一定能抑制雜草生長，但一定會殺死土壤」，民以食為天，這是生存的根基，是件微小卻非常重要的事，因此我們想到，何不利用在土壤中可易被分解的海藻酸鈣膜來製成抑草膜來替代黑色塑膠抑草蓆。於是我們進而開始觀察生活周遭及蒐集海藻酸鈣及農田抑草蓆相關資料，投入製作海藻酸鈣抑草膜的研究。

二、文獻探討

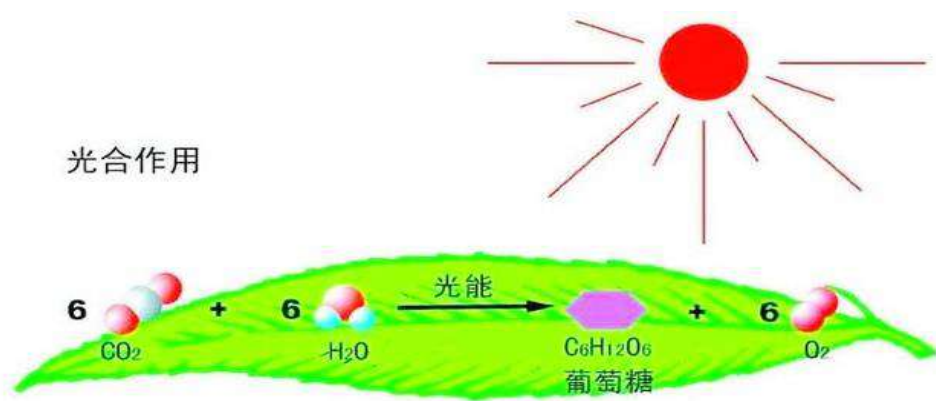
有關海藻酸鈣成膜的製造，大致以海藻酸鈉溶在水溶液中，在與氯化鈣或乳酸鈣等釋放出的鈣離子接觸，產生交聯反應生成海藻酸鈣膜。其化學反應式如圖(一)所示。



圖一海藻酸鈉與鈣作用形成薄膜之化學反應 資料來源:國立台中教育大學科學教育與應用學系科學遊戲實驗室

此反應的實驗因操作方便，常為科展研究題材，近年來參與地方及國家科展的作品有：吃我一顆水球-探討無瓶水製造方式和性質檢測(2016)、目不轉「晶」—探討海藻酸鈉薄膜的形成與其相關應用(吳佳蓉等人 56 屆 2016)、不「球」「滲」「解」(吳宗錚等人 57 屆 2017)、Party “Ooho” 耐—Ooho 水球與飲料球配方研究與推廣(2018)、探囊取水—探討雙層膜水膠囊的製作方法、保存方法與各項測試(蔡沛穎等人第 61 屆 2021)、解不開的「膜」咒? 海藻酸鈉薄膜之探討及應用(新竹市 2021)、可以「吃」的水—海藻酸鈉食用水球的假設與探究(臺東縣第 63 屆 2023)、大吃一晶 - 鈣多晶球(新竹市 2023)等。從這些過去的科展作品中發現，幾乎都致力於探討製作成微型產品(如:容器或吸管...等)，探討生成的最佳條件，仍只應用在少數生活項目上，尚未發揮其更大的用途。究其原因，可能跟其保存期限受到限制，及未有外包裝，外膜的整潔衛生讓人擔憂的食安顧慮問題。

我們回農村阿嬤家，可看見果園(鳳梨、香蕉、木瓜、紅龍果、芭樂等)地面普遍覆蓋著黑色塑膠的抑草蓆。植物(包括雜草)的生長是透過光合作用，將二氧化碳與水，以葉綠素為觸媒，在紫外光照射下，產生葡萄糖，再轉成多醣類為植物生物體。植物的光合作用反應($6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$)，如下列反應，圖二所示。



圖二. 植物的光合作用反應圖示
(參考自光合作用@李爸之傻子語錄- PChome Online 個人新聞台)

阿嬤說農民耕種很辛苦，最頭痛的就是生長速度很快的雜草問題，又缺人力，因此農民常噴灑除草劑，讓雜草快速枯萎去除。但發現除草劑已讓土壤劣化，影響植物的生長，且造成土壤及水的環境汙染，更破壞了生態的平衡，青蛙、田螺、和魚都不見了。對此，有農民已覺醒，改用黑色塑膠抑草蓆來抑制雜草生長，但農地受塑膠布長期覆蓋，因塑膠布之空氣及水分通透性差，長期使用容易造成土壤密實，影響土壤通氣性及根群生長。另外，就如同前面所提到的土壤塑膠微粒與抑草蓆汙染的資訊報導，劣化的塑膠碎屑要很久才會分解，也造成土壤中塑化劑及塑膠微粒的汙染。

為了改善這種塑膠抑草蓆的缺點，我們利用海藻酸鈉與鈣離子的交聯成膜特性，混加茶渣丹寧與鐵生成的黑色素，及混加咖啡渣於海藻酸鈣膜中，阻隔膜的透光性，使得雜草無法進行光合作用而無法生長的海藻酸鈣抑草膜。因海藻酸鈣抑草膜具有保水性，尤其混加咖啡渣具吸水性、具更高的保水功能，可讓植株根部地面不致於乾燥缺水。

為讓海藻酸鈣抑草膜更能發揮功能，在海藻酸鈉溶液中加入甘油後，再與鈣離子作用製成具通透性的膜。因咖啡渣具有吸附性，在混加咖啡渣的海藻酸鈣抑草膜內加入植物生長肥料及營養劑，又可透過灑水溶解而滲透穿過膜，慢慢釋放至土壤中，為植物所吸收。也可澆灑含肥料及營養成份的水溶液至海藻酸鈣抑草膜上，可使用一段長時間。本海藻酸鈣植物養分抑草膜，可抑制雜草的生長又能持續提供植物養分，讓植物健康生長，是植株無毒生長管理的一大突破。海藻酸鈣膜應用於抑草功能及植物養分與水分的存放，沒有食安問題的顧慮，應可大為推廣應用。

三、研究目的

- (一) 探討海藻酸鈉與氯化鈣比例混和反應方式
- (二) 試驗海藻酸鈣膜之環保可分解性
- (三) 以平面製作雙面同時硬化的海藻酸鈣膜 (單層/雙層)
- (四) 製作海藻酸鈣阻光膜 (添加茶渣鞣酸色素)及功能試驗
- (五) 製作海藻酸鈣抑草膜 (添加咖啡渣)及功能試驗
- (六) 製作具透水性孔隙海藻酸鈣膜

貳、研究設備及器材

一、實驗材料

高黏度 600-800 cps 的海藻酸鈉粉、氯化鈣、甘油、吸水布料、毛巾、茶葉渣、咖啡渣、鐵鏽。

二、研究器材

燒杯、培養皿、攪拌棒、滴管、碼錶、電子秤、尺、廣用試紙、注射筒、量匙、手電筒、檯燈、塑膠實驗盤、暗箱、等。

三、實驗軟體

Phyphox 手機物理實作 APP



圖 3



圖 4

參、研究過程或方法

一、實驗研究架構圖

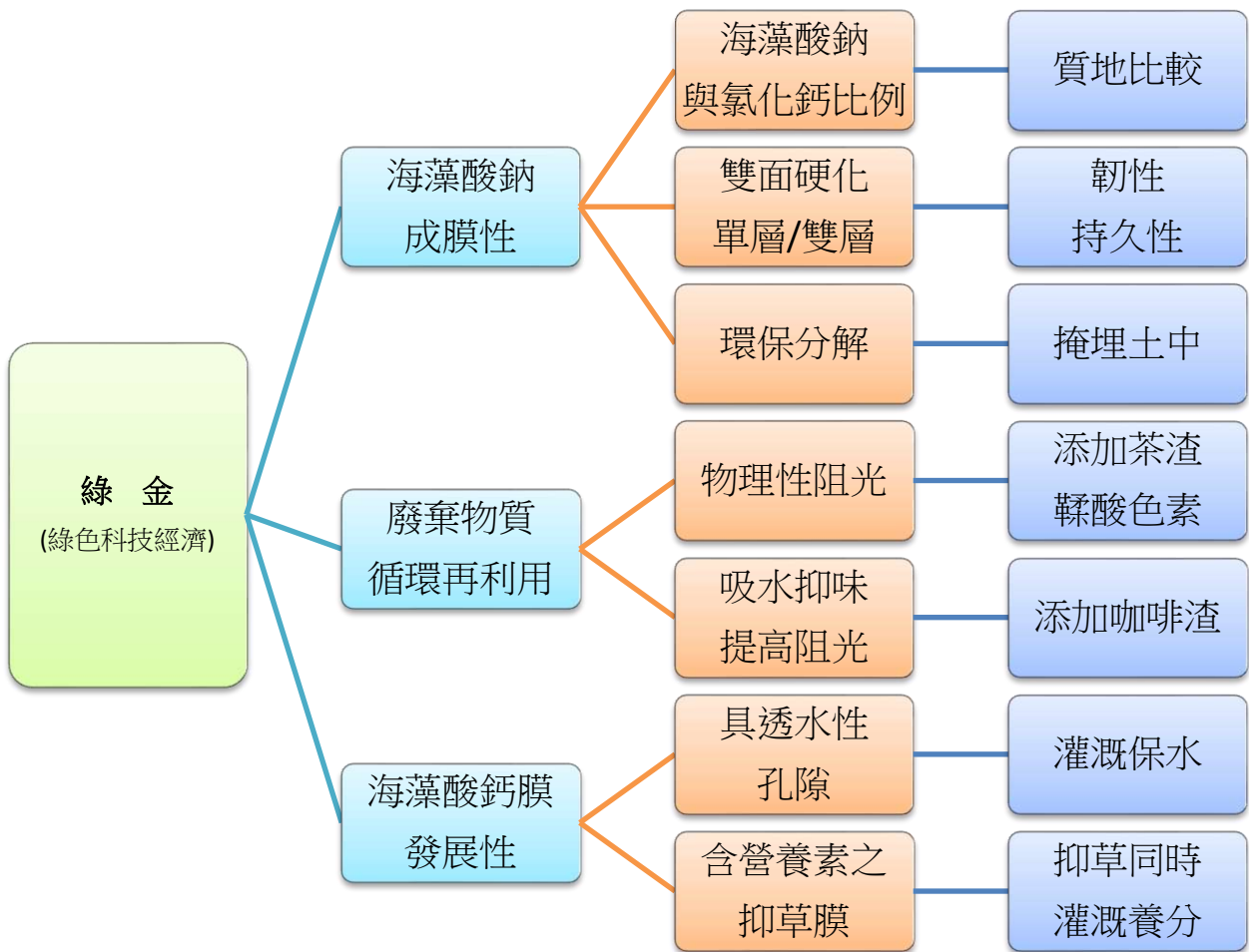


圖 5

二、研究方法

(一) 探討海藻酸鈉與氯化鈣混和反應方式

- 1.分別調配 2 %、2.5%、3 % 的海藻酸鈉水溶液，和 3 %、3.5%、4 % 的氯化鈣水溶液，交錯搭配測試。
- 2.先將吸水布料分別浸泡在 3 %、3.5%、4 % 的氯化鈣水溶液中
- 3.再把 2 %、2.5%、3 % 的海藻酸鈉水溶液分別滴進已浸潤好不同比例的氯化鈣水溶液吸水布料上，浸置 10 分鐘，觀察海藻酸鈣膜的生成。
- 4.海藻酸鈣膜生成後，靜置通風處一段時間，風乾後再次觀察其質地的適切性，找出最適合的製作比例。

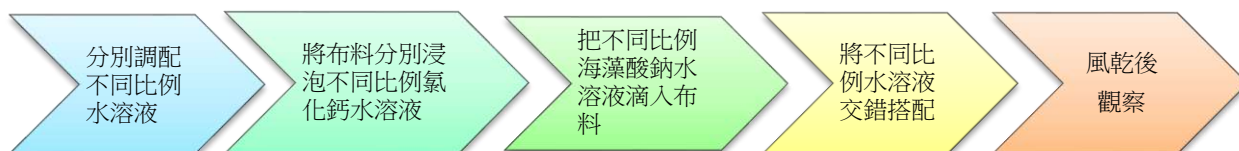


圖 6



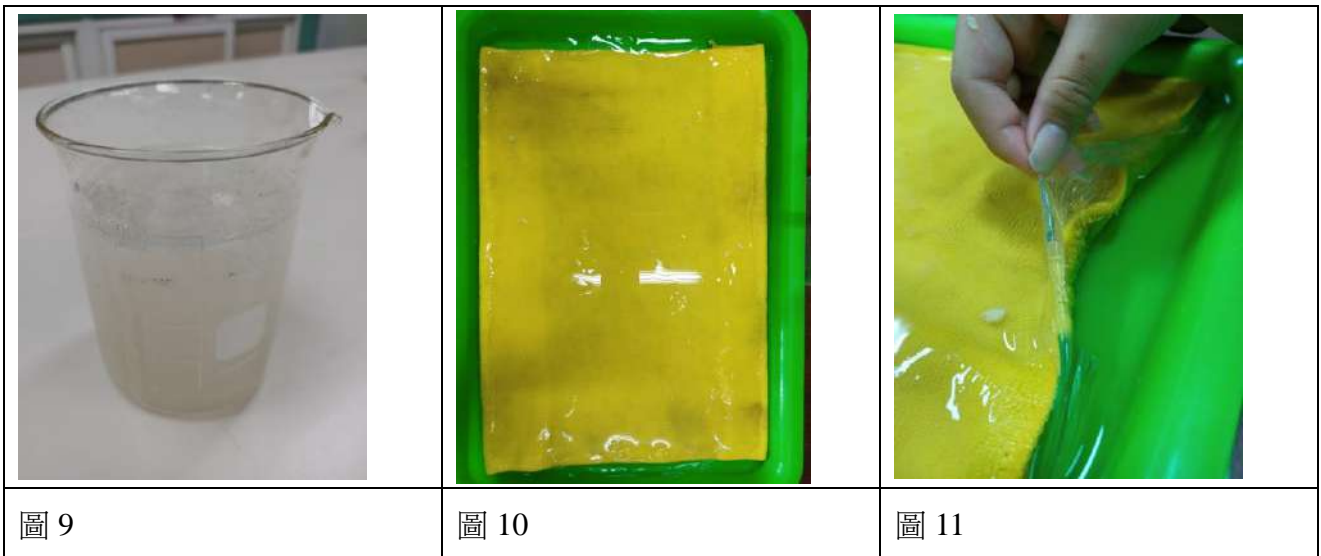
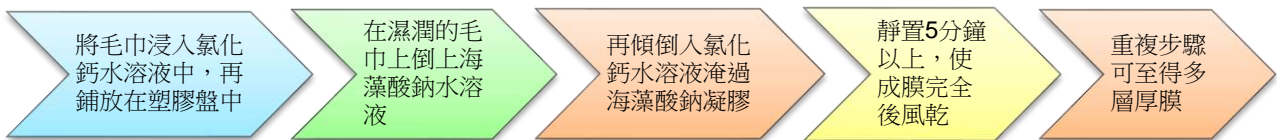
圖 7



圖 8

(二) 製作平面雙面同時硬化的海藻酸鈣膜 (單層/雙層)

- 1.將毛巾浸入 3%氯化鈣水溶液中至全為浸溼，再取出鋪放在塑膠盤中。
- 2.在濕潤的毛巾上，倒上 3 %海藻酸鈉水溶液 100ml，以玻棒抹平，並輕微震動至均勻。
- 3.再於側面傾倒入 3%氯化鈣水溶液，微微傾斜淹過海藻酸鈉凝膠至完全覆蓋，靜置 5 分鐘以上，使成膜完全。
- 4.取出海藻酸鈣膜，置於乾燥通風之環境，靜置風乾，此為單層雙面硬化的海藻酸鈣膜。
- 5.若要製作雙層膜，則在步驟(4)後，重複步驟(1)~(3)，並將膜體包覆在其中，再進行步驟(4)，可至得雙層膜或多層雙面硬化的厚膜。



(三)海藻酸鈣阻光膜的製作 (添加茶渣鞣酸色素)

- 1.以天然色素為主，茶渣單寧酸(鞣酸)黑色染料的製備。取將丟棄的茶渣，加熱水煮沸或沸水浸泡，過濾後萃取出殘留的鞣酸等成分。
- 2.以醋浸泡生鏽物或鐵絲絨，加速取得氧化鐵中的鐵離子。
- 3.將過濾後的茶葉水與氧化鐵溶液混合攪拌，很快就轉成黑墨水液。
- 4.將黑墨水液加入海藻酸鈣水溶液中，依(二)海藻酸鈣膜的製作方式，就製成可阻隔陽光功能的海藻酸鈣膜，可用於遮光，也可為海藻酸鈣抑草膜。
- 5.以手電筒模擬為光源，對海藻酸鈣阻光膜進行阻光功能試驗。

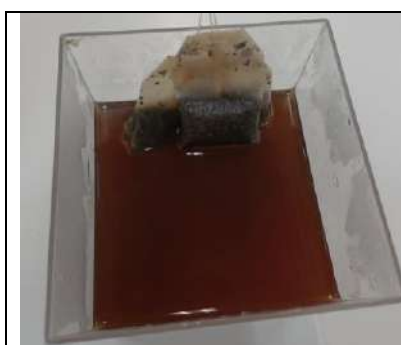
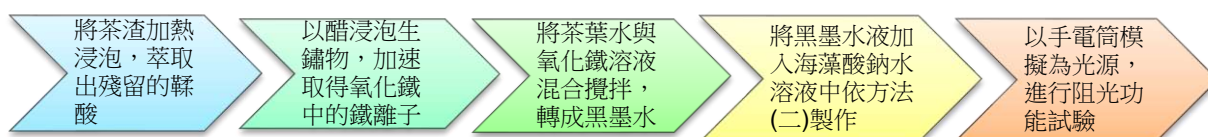


圖 12



圖 13



圖 14



圖 15



圖 16



圖 17

(四)海藻酸鈣抑草膜的製作 (添加咖啡渣)

- 1.在(二)海藻酸鈣膜製造過程，取咖啡渣粉末加入海藻酸鈉溶液中，攪拌均勻。
- 2.依(二)海藻酸鈣膜的製作方式，就可製成可阻隔陽光功能的海藻酸鈣膜，可為海藻酸鈣抑草膜。
- 3.若要較厚的海藻酸鈣抑草膜，則可依(二)(6)製得雙層或多層厚膜的抑草膜。
- 4.以手電筒、檯燈為光源對海藻酸鈣阻光膜進行阻光功能試驗。

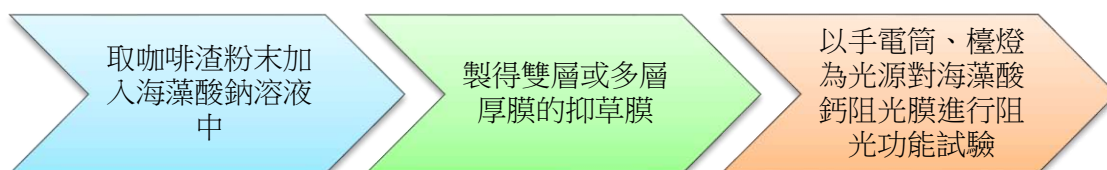


圖 18



圖 19

肆、研究結果與討論

一、研究結果

(一) 探討海藻酸鈉與氯化鈣比例混和反應方式

分別調配 2 %、2.5 %、3 % 的海藻酸鈉水溶液和 3 %、3.5 %、4 % 的氯化鈣水溶液，交錯搭配測試，實驗結果紀錄如下，根據實驗結果，選擇海藻酸鈉 3% 與氯化鈣 3% 進行後續實驗。

表 1

濃度搭配	氯化鈣 3%	氯化鈣 3.5%
海藻酸鈉 2%	<ol style="list-style-type: none"> 1. 有空隙，形狀較不規則 2. 表面粗糙 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 有空隙 2. 不易斷可彎曲、表面粗糙
海藻酸鈉 2.5%	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不易斷裂、偏硬 2. 表面乾燥粗糙 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 成膜較薄，但質地堅硬 2. 中間易有空隙，細部易碎面積大 3. 邊緣捲曲較明顯、表面粗糙
海藻酸鈉 3%	<ol style="list-style-type: none"> 1. 成膜最厚、有韌性且彎曲不會斷 2. 底面滑順、上層粗糙 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 形狀不規則、略凹凸不平 2. 可彎曲，質地偏硬

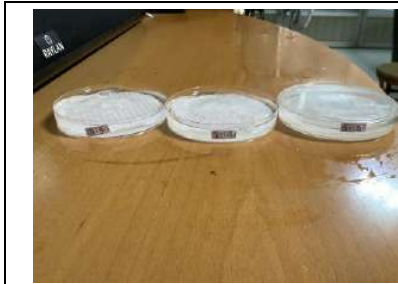


圖 20



圖 21



圖 22



圖 23



圖 24



圖 25

(二) 試驗海藻酸鈣膜之環保可分解性

將膜分別放在半日照通風處與培養土中掩埋，作分解效度的比較。透過面積殘留率率可以得知，放在通風處乾燥速度快，掩埋在土中分解佳。實驗數據如下：

表 2

週次	放在半日照通風處										埋在培養土中									
	NO.1		NO.2		NO.3		NO.4		NO.5		NO.1		NO.2		NO.3		NO.4		NO.5	
測量	長	寬	長	寬	長	寬	長	寬	長	寬	長	寬	長	寬	長	寬	長	寬	長	寬
第 1 週	5.7	4.2	5.9	3.8	5.4	3.5	6.1	3.3	5.5	4.1	5.9	3.4	5.3	3.7	5.8	3.2	5.6	4	5.4	3.9
第 2 週	3.9	2.7	4.1	2.2	3.8	2.1	5.2	2.1	3.4	3.5	5.2	2.9	4.9	3.2	4.9	2.7	4.1	3.2	4.6	3.4
第 3 週	2.6	1.8	2.8	1.6	2.9	1.7	4.3	1.5	2.6	2.4	4.7	2.5	3.7	2.7	4.2	2.1	3.7	2.9	4.1	2.9
第 4 週	1.9	0.9	2.1	1.2	2.2	1.1	2.6	0.8	1.4	1.3	3.5	2	2.9	2.2	3.6	1.7	3.1	2.3	3.8	2.1
第 5 週	1.2	0.4	1.7	0.3	1.6	0.4	1.7	0.3	1.1	0.6	2.4	1.4	2.1	1.6	2.3	0.9	2.2	1.1	2.6	1

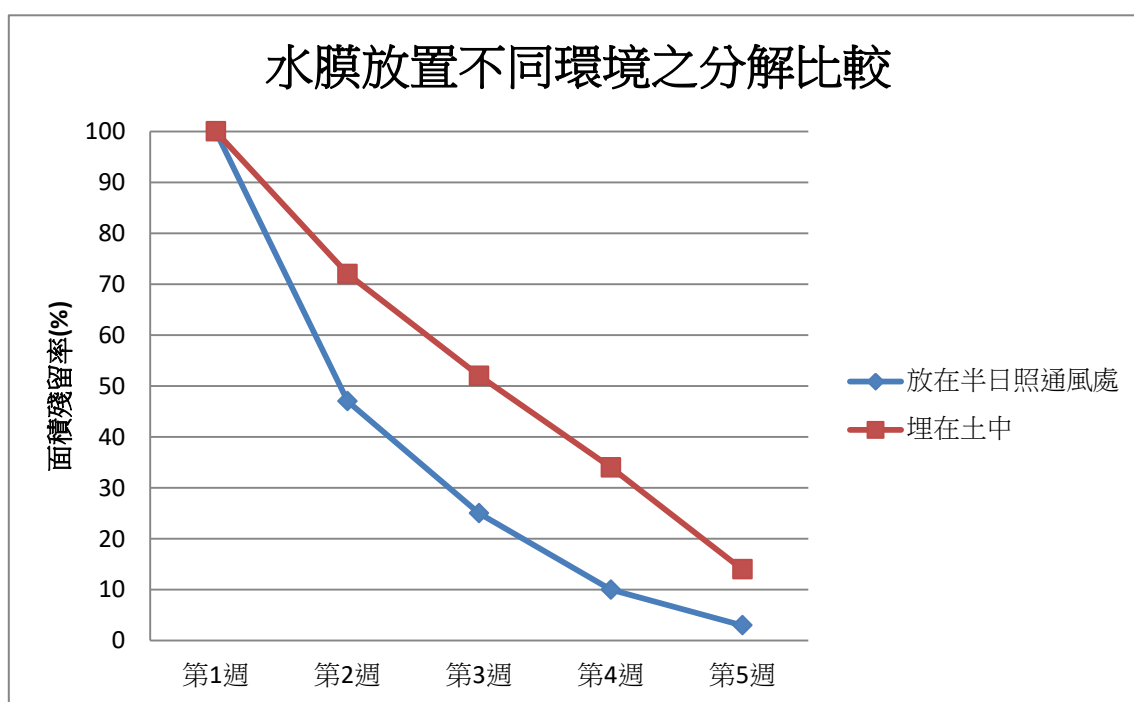


圖 26

(三) 以平面製作雙面同時硬化的海藻酸鈣膜 (單層/雙層)

將毛巾浸入 3% 氯化鈣水溶液中至全為浸溼，再取出鋪放在塑膠盤中。在濕潤的毛巾上，倒上 3% 海藻酸鈉水溶液，以玻棒抹平，並輕微震動至均勻。再於側面傾倒入 3% 氯化鈣水溶液，微微傾斜淹過海藻酸鈉凝膠至完全覆蓋，靜置 5 分鐘以上，使成膜完全。此為雙面硬化單層膜，成功率 100%。再取出海藻酸鈣膜，將膜體再次包覆在其中，重複進行步驟，此為雙層雙面硬化的海藻酸鈣膜。但此步驟需要較嚴謹掌握時間，再交聯成膜的時間內加入單層膜，否則易有破損失敗。

在製作的過程中，雖然以玻棒抹平、再加上震盪欲使之均勻，但成品仍可能有不均勻的狀態，間接影響遮光效果，尤其是單層膜上更顯著，所以欲以雙層膜或多層膜來處理此問題。但雙層膜亦有其優劣勢，比較如下。

表 3

優劣勢比較	優勢	劣勢
單層膜	<ol style="list-style-type: none">1. 用料省、快乾2. 輕薄可攜3. 可如紙一般對摺	<ol style="list-style-type: none">1. 不均勻處遮光效果差2. 用力戳易破3. 較易不規則捲曲
雙層膜	<ol style="list-style-type: none">1. 韌性高2. 大多可攤平、不易捲曲3. 可有幅度地對摺4. 遮光效果佳	<ol style="list-style-type: none">1. 製作與風乾的時間較長2. 耗材耗料3. 可能會分層有孔隙4. 有厚度就重量，不易攜帶



圖 27



圖 28



圖 29



圖 30



圖 31



圖 32



圖 33



圖 34



圖 35



圖 36



圖 37



圖 38

(四) 製作海藻酸鈣阻光膜 (添加茶渣鞣酸色素)及功能試驗

以天然色素為主，先想到之前早期墨水的製作，取茶渣單寧酸(鞣酸)黑色染料的製備。取將丟棄的茶渣，發現紅茶的單寧酸較高，實驗成果中也是紅茶製作出來的色素顏色最深。

另外以醋浸泡生鏽物或鐵絲絨，加速取得氧化鐵中的鐵離子，將過濾後的茶葉水與氧化鐵溶液混合攪拌，很快就轉成黑墨水液，但其中，醋的味道實在刺鼻!

將黑墨水液加入海藻酸鈉水溶液中，依(二)海藻酸鈣膜的製作方式，就製成可阻隔陽光功能的海藻酸鈣膜，可用於遮光，可為海藻酸鈣抑草膜。再以手電筒模擬為光源，對海藻酸鈣阻光膜進行阻光功能試驗。我們製作了一個光源暗箱，以檯燈模擬光源，以手機物理實作 APP 收集感光數據，進行測試。

此 APP 中運用手機中的 (Ambient light sensor)光度感測器來進行光強度的量測，光度感應器可提供光度數據供手機程式判斷，自動調整幕亮度達到人眼可接受的亮度。此感測器不只可提高暗處看螢幕的舒適程度，更可節省能源、延長電池壽命。有趣的是還可以利用這個功能，以 Phyphox 為例，選取 Light 選項進行量測。



圖 39



圖 40

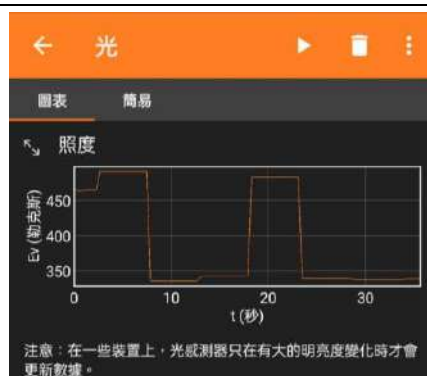


圖 41

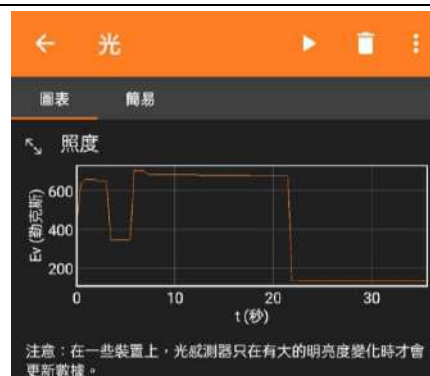


圖 42

如實驗數據顯示，放上黑色海藻酸鈣阻光膜時，感光照度會大幅明顯下降，拿掉黑色海藻酸鈣阻光膜時，感光照度會明顯恢復。以實驗數據凸顯示，海藻酸鈣阻光膜有明顯遮光效果事實，可期待替代目前市面上黑色塑膠易草蓆。

(五) 製作海藻酸鈣抑草膜 (添加咖啡渣)及功能試驗

在嘗試製作不同厚度的海藻酸鈣阻光膜時，傾向製作出**輕薄又有韌性**的海藻酸鈣阻光膜，所以嘗試種種方式來提高遮光效果，**首先假設以提高色素濃度來加深顏色**，但其天然黑色色素其中的鐵離子是以醋浸泡生鏽物或鐵絲絨，來加速取得氧化鐵，味道強烈略為刺鼻，令人困擾。所以，我們換個方向來思考，**再次假設以混入實質物質來遮光**，最後選擇**添加咖啡渣**。

實驗結果顯示，添加咖啡渣海藻酸鈣阻光膜，因咖啡渣具吸水性、具更高的保水功能，可讓植株根部地面不致於乾燥缺水，而且有抑味吸臭的效果，不只解決了高濃度黑色色素有強烈酸味的問題，且咖啡渣以瀰漫性的散布在膜體中提高了遮光效果，當以 Phyphox 取 Light 選項進行量測，有放海藻酸鈣阻光膜遮光的暗箱測試中，**最低光照度由 334 降至 133**(如:圖、圖)，結果符合假設。相較之下，是更名符其實的海藻酸鈣抑草膜!



圖 43

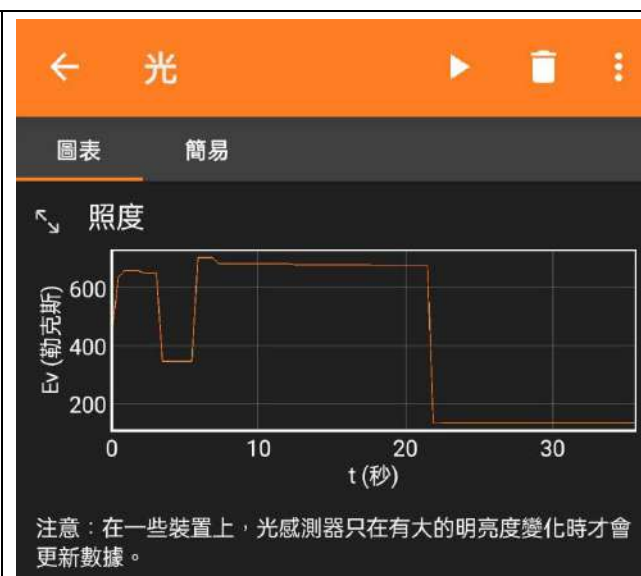


圖 44

二、討論

(一) 探討海藻酸鈉與氯化鈣混和反應及最適合濃度

由於將海藻酸鈉加入水中溶解，黏度很快增加，很稠，影響鈣離子的擴散進入海藻酸鈉分子基質內進行反應，另外高濃度的溶解很慢，且易有不均勻現象。因此將海藻酸鈉調配為 1%，也以 1% 的氯化鈣水溶液，來觀察以海藻酸鈉加至氯化鈣水溶液，生成的球體物，觀察其差異。

結果發現將海藻酸鈉水溶液直接滴進氯化鈣水溶液中，生成的球體物質地較 Q 彈，表層的膜不易破損。若持續浸泡在氯化鈣溶液中，會逐漸實心化，色澤從透明轉變成半透明。這現象顯示當海藻酸鈉滴加入氯化鈣溶液中，過量的鈣離子與海藻酸鈉液滴處外圍的海藻酸鈉立即作用生成膜，內部未反應的海藻酸鈉仍為透明，後來色澤從透明轉變成半透明，逐漸實心化，顯示外圍的海藻酸鈉先與鈣離子反應成膜後，溶液中鈣離子再慢慢滲透過膜進入內部，與海藻酸鈉反應，逐漸變成海藻酸鈣。

當比較以 1% 的海藻酸鈉水溶液分別滴進濃度 0.5%、1.0%、2.0% 的氯化鈣水溶液，觀察成膜結球及鈣離子滲透擴散情形，發現 2.0% 的氯化鈣成膜結球最快，0.5% 的氯化鈣最慢，然而在 2.0% 氯化鈣溶液的鈣離子其滲透擴散卻慢於 1.0% 的溶液。這結果顯示，當海藻酸鈉水溶液滴入氯化鈣溶液中，鈣離子濃度影響了海藻酸鈣膜的生成快慢，而 2.0% 的氯化鈣溶液中鈣離子濃度高，立即在海藻酸鈉液滴表面生成較緊密的海藻酸鈣膜，阻隔了鈣離子的滲透擴散進入液滴裡面與海藻酸鈉作用生成海藻酸鈣。

我們先前也將 0.5%、1.0%、2.0% 的氯化鈣水溶液先行染色再冷凍結成冰塊，再放進 1% 的海藻酸鈉水溶液中。在冰塊表面先成海藻酸鈣膜，再將含膜的冰塊分別放進各濃度的氯化鈣水溶液，試驗觀察雙面膜的生成。發現 0.5% 氯化鈣生成雙面膜的失敗高至 50%，而 1.0% 及 2.0% 的氯化鈣均能生成雙面膜(2.0% 的氯化鈣很完美)，這結果再次顯示濃度會影響海藻酸鈣膜的生成快慢。綜合考量上述的結果，在後續的試驗我們以 3% 的海藻酸鈉及 3% 的氯化鈣水溶液來進行。

(二) 探討海藻酸鈣膜實用性

1. 在沒有食安疑慮的狀態下，做成綠色環保抑草席，另外實際要考慮的條件是：費用、保存、

攜帶、透水性、抑菌效果...等等，因為時間不足不然還有許多想要在測試的部分。

2.除了抑草蓆，也曾發想做成植物貼布，給大地之母更沒有廢棄物、汙染的生存環境，也是回饋在人類身上。

3.實作推廣，結合學校實農教育，再次進行實驗，更貼合現實可行性。

4.尋找更多可替代原料，增加多元性。

(三)研究展望

本研究因實驗時間不足，還有許多尚未嘗試的方向未能實作，或許來年蒐集更多的訊息，可以再重新進行相關的實驗，未來還有兩個方向欲進行嘗試：

1.製作具孔隙透水性的海藻酸鈣膜

2.製作海藻酸鈣植物營養抑草膜

未來可能製作具孔隙海藻酸鈣植物營養抑草膜，研究展望期許後續將成膜造出孔洞，展現較高的滲透性，又可添加肥份及植物營養劑於膜中，經緩釋放提供植物生長所需，既可抑草又可補充養分讓植物健康生長，營造環境友善耕作的新模式。

伍、結論

一、海藻酸鈉與氯化鈣比例混和反應方式，實驗結果中，3%海藻酸鈉搭配 3%氯化鈣效果佳。

二、海藻酸鈣膜之環保可分解性，在土壤中掩埋分解透過實驗在五週內，就可以縮小的非常明顯，使用在田地上，配合農作效率直接翻土掩埋。

三、以平面製作雙面同時硬化的海藻酸鈣膜（單層/雙層），以吸水性高的布料先吸附氯化鈉，穩固成膜範圍，效果非常好!雙層需要更謹慎掌控化學反應的時間。

四、製作海藻酸鈣阻光膜（添加茶渣鞣酸色素）及功能試驗，透過自製照光案箱，運用手機 APP-Phyphox 取 Light 選項進行量測，結果符合有效遮光的假設。

五、製作海藻酸鈣抑草膜（添加咖啡渣）及功能試驗，最低光照度由 334 降至 133，結果符合假設。相較之下，是更名符其實的海藻酸鈣抑草膜!

陸、參考文獻資料

- 一、吃我一顆水球-探討無瓶水製造方式和性質檢測。2016。取自第 56 屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 二、Party “Ooho” 耐—Ooho 水球與飲料球配方研究與推廣。2018。新北市 107 學年度中小學科學展覽會作品說明書。
- 三、探囊取水—探討雙層膜水膠囊的製作方法、保存方法與各項測試。2021。蔡沛穎等人第 61 屆。
- 四、目不轉「晶」—探討海藻酸鈉薄膜的形成與其相關應用。2016。吳佳蓉等人 56 屆。
- 五、不「球」「滲」「解」。2017。吳宗鎔等人 57 屆全國中小學科展作品。
- 六、解不開的「膜」咒? 海藻酸鈉薄膜之探討及應用。2021。新竹市第 39 屆國民中小學科展作品。
- 七、可以「吃」的水—海藻酸鈉食用水球的假設與探究。2023。臺東縣第 63 屆全國中小學科展作品。
- 八、大吃一品 - 鈣多晶球。2023。中華民國第 58 屆全國中小學科展作品。
- 九、城市新聞(2017)。飲水革命! 英國學生發明「可以吃的水球」 募資超標 40 萬英鎊。
- 十、方儉(2023)。《努力小農》注意塑膠微粒對農業的危害-已經潛伏多年的土壤生態殺手。取自 信傳媒。

柒、附錄

一、引用圖片來源

- 1.圖(一) 海藻酸鈉與鈣作用形成薄膜之化學反應 資料來源:國立台中教育大學科學教育與應用學系科學遊戲實驗室
- 2.圖二. 植物的光合作用反應圖示 (參考自光合作用@李爸之傻子語錄- PChome Online 個人新聞台)

二、照片攝影索引

- 1.第一指導教師:圖 3~圖 44

【評語】 080215

本研究探討海藻酸鈉與鈣離子的交聯反應及其在農業中的應用，旨在製作可降解的海藻酸鈣抑草膜，替代傳統的黑色塑膠抑草蓆，以減少環境污染。這不僅能有效抑制雜草生長，還能避免塑膠微粒污染，實現環境友善的農業耕作。此外，通過添加茶渣和咖啡渣，提高膜的遮光性和保水性，達到資源再利用的目的，具有良好的經濟和生態效益。

建議事項：

1. 3%海藻酸鈉與3%氯化鈣比例生成的膜在韌性和滲透性方面表現最佳，並且在環保可分解性試驗中效果顯著。雙面硬化技術及添加茶渣和咖啡渣進一步提升了膜的功能性。可惜沒有測試所開發之材料是否可以抑制草生長？是否比黑色塑膠抑草蓆來得更好？
2. 然而，研究方法更多依賴於直觀判斷，科學方法的客觀性有所不足，實驗設計還有待完善，部分實驗未能完全實施。希望未來能夠進一步改進實驗設計，並採用更多科學方法來驗證研究結果。

作品簡報



綠金奇緣

海藻酸鈉的化腐為金應用

壹、前言

一、研究動機：

塑膠的發展給於人類很大的方便，但其塑膠微粒危害卻是無法在短時間內解決的問題。因此，使用環境永續的天然資源來替代塑膠的使用已為大家所共識。英國大學生所發明的Ooho，以海藻酸鈣膜成為容器，成為減塑的創新範例。

在一則土壤塑膠微粒與抑草蓆汙染的報導吸引了我們的注意「大量使用的抑草蓆，不一定能抑制雜草生長，但一定會殺死土壤」，民以食為天，是生存的根基，是件微小卻非常重要的事！在農業耕種上，為了避免使用傳統除草劑汙染土壤，所以黑色塑膠抑草蓆被廣泛使用來抑制雜草生長，但劣化破損抑草蓆的塑膠碎屑卻間接造成土壤中塑化劑及塑膠微粒的汙染。因此我們想到，何不利用在土壤中可易被分解的海藻酸鈣膜來製成抑草膜來替代黑色塑膠抑草蓆。於是我們進而開始觀察生活周遭及蒐集海藻酸鈣及農田抑草蓆相關資料，投入製作海藻酸鈣抑草膜的研究。

二、文獻探討：

(一)海藻酸鈣成膜的製造，大致以海藻酸鈉溶在水溶液中，在與氯化鈣或乳酸鈣等釋放出的鈣離子接觸，產生交聯反應生成海藻酸鈣膜。其化學反應式如圖(一)所示。

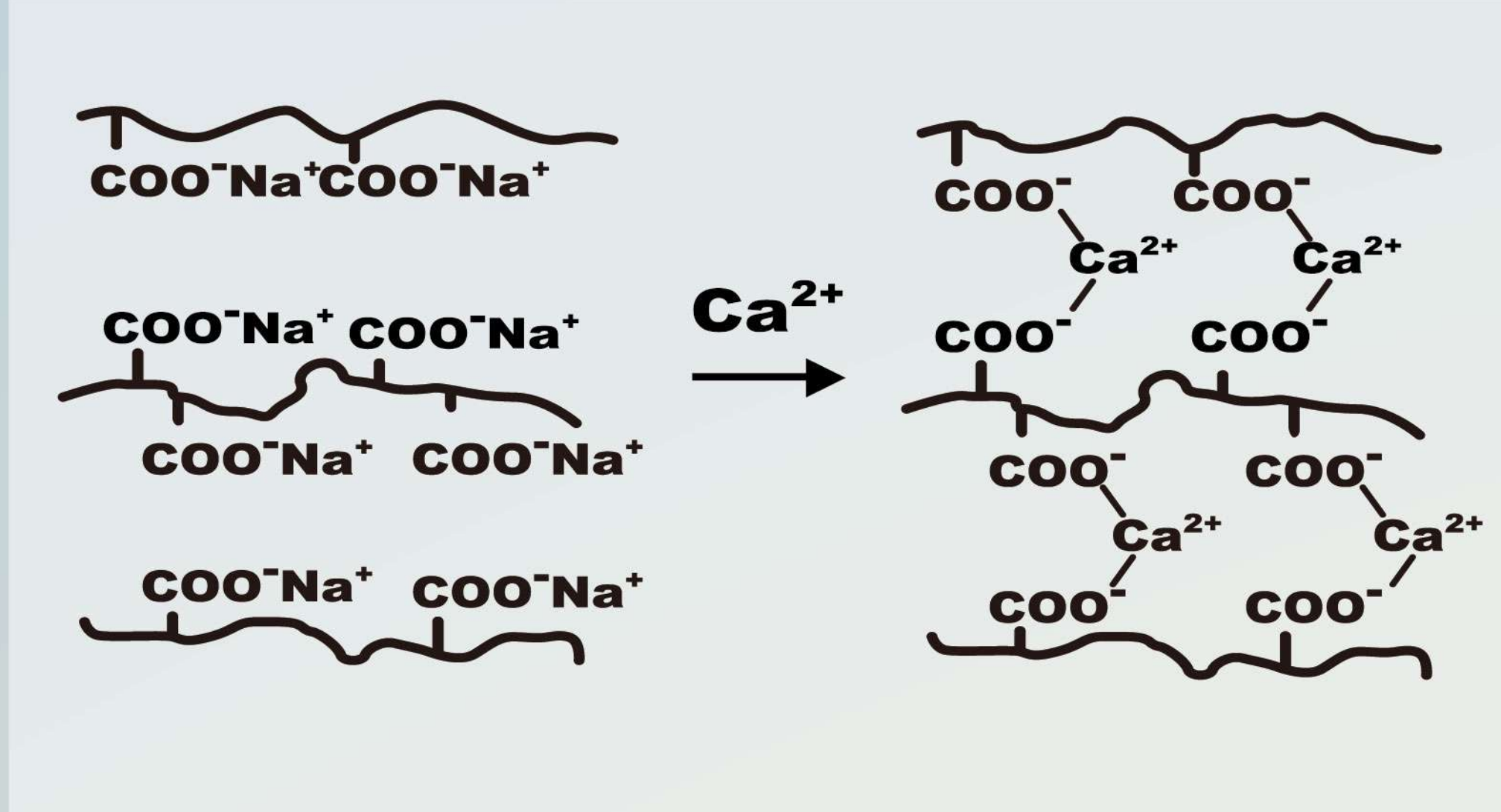
(二)植物(包括雜草)的生長是透過光合作用，將二氧化碳與水，以葉綠素為觸媒，在紫外光照射下，產生葡萄糖，再轉成多醣類為植物生物體。植物的光合作用反應($6CO_2+6H_2O\rightarrow C_6H_{12}O_6+6O_2$)，如下列反應，圖二所示。

(三)抑草蓆:是一種常用於園藝或農業的覆蓋材料，特別是聚乙烯(PE)材質的抑草蓆。植物生長需要陽光、空氣、和水，農民會把抑草蓆覆蓋於農作物周圍，讓雜草因為無法進行光合作用，間接防止雜草生長並保持土壤的水分與溫度。優點包括其有效防止雜草穿透，以及PE材質的耐候性和耐久性，適合長期使用。然而，缺點則包括PE材質的不透氣性可能影響土壤透氣性和微生物活性，塑料材質不易生物降解可能對環境造成長期汙染，以及在高溫下可能導致土壤過熱，影響植物根部健康。

三、研究目的：

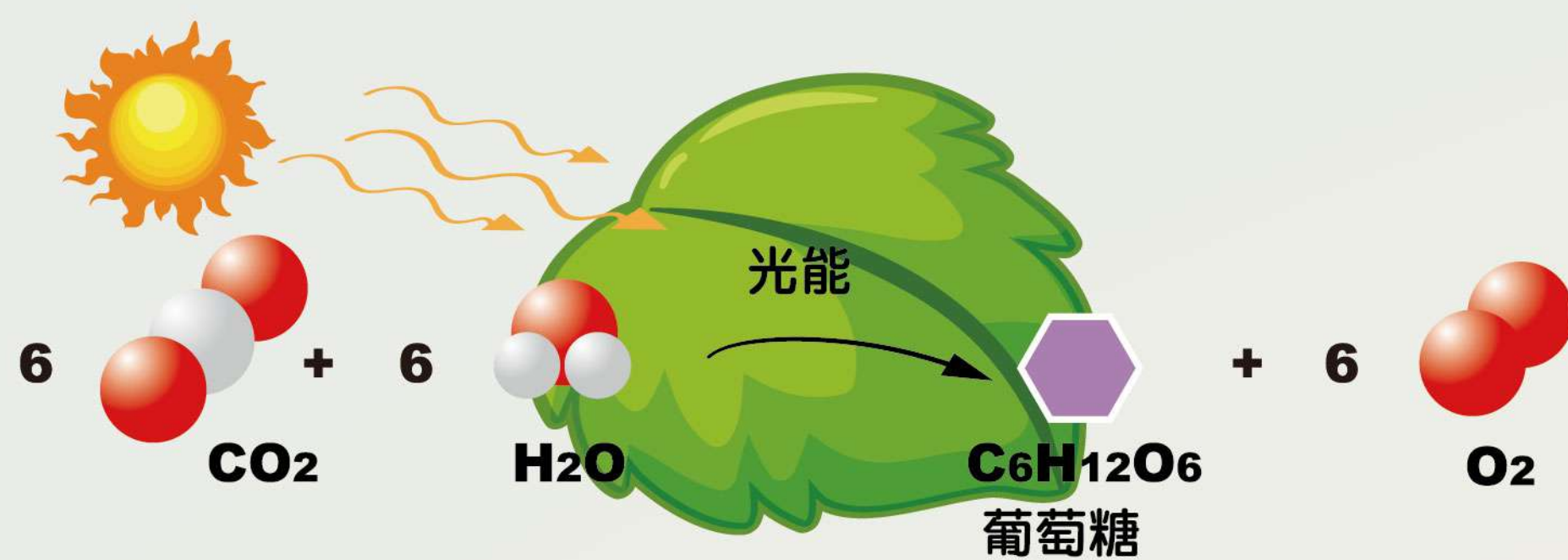
為了改善這種塑膠抑草蓆的缺點，設計實驗，欲利用海藻酸鈉與鈣離子的交聯成膜特性，配合廢棄物循環自利用混加茶渣單寧酸與鐵生成的黑色色素，及混加咖啡渣於海藻酸鈣膜中，測試抑草膜的透光性。另外因海藻酸鈣抑草膜具有保水性，尤其混加咖啡渣具吸水性、具更高的保水功能，推測可讓植株根部地面不致於乾燥缺水。甚至欲添加植物養分至抑草膜中，可抑制雜草的生長又能持續提供植物養分，是植株無毒生長管理的一大突破。海藻酸鈣膜應用於抑草功能及植物養分與水分的存放，沒有食安問題的顧慮，應可大為推廣應用。

- (一) 探討海藻酸鈉與氯化鈣比例混和反應方式
- (二) 試驗海藻酸鈣膜之環保可分解性
- (三) 以平面製作雙面同時硬化的海藻酸鈣膜(單層/雙層)
- (四) 製作海藻酸鈣阻光膜(添加茶渣鞣酸色素)及阻光功能試驗
- (五) 製作海藻酸鈣抑草膜(添加咖啡渣)及阻光功能試驗



(圖1)海藻酸鈉與鈣作用形成薄膜之化學反應資料來源：國立台中教育大學科學教育與應用學系科學遊戲實驗室。

光合作用



(圖2)植物的光合作用反應圖示

(參考自光合作用@李爸之傻子語錄-PChome Online 個人新聞台)。



圖3



圖4 搭配自製感光暗箱

貳、研究設備及器材

- 一、實驗材料：高黏度600-800cps的海藻酸鈉粉、氯化鈣、吸水布料、毛巾、茶葉渣、咖啡渣、鐵鏟。
- 二、研究器材：燒杯、培養皿、攪拌棒、滴管、碼錶、電子秤、尺廣用試紙、注射筒、量匙、手電筒、檯燈、塑膠實驗盤、暗箱等。
- 三、實驗軟體：Phyphox手機物理實作APP

參、研究過程或方法

綠金綠色科技經濟

(圖5)

1 海藻酸鈉成膜性

1 海藻酸鈉與氯化鈣比例

質地比較

2 雙面硬化韌性單層/雙層

韌性持久性

2 廢棄物質循環再利用

1 環保分解

掩埋土中

2 物理性阻光

添加茶渣鞣酸色素

3 吸水抑味提高阻光

添加咖啡渣

3 海藻酸鈣膜發展性

1 具透水性孔隙

灌溉保水

2 含營養素之抑草膜

抑草同時灌溉養分

二、研究方法：

(一)探討海藻酸鈉與氯化鈣混和反應方式

- 1.分別調配2%、2.5%、3%的海藻酸鈉水溶液和3%、3.5%、4%的氯化鈣水溶液，交錯搭配測試。
- 2.先將吸水布料分別浸泡在3%、3.5%、4%的氯化鈣水溶液中。
- 3.再把2%、2.5%、3%的海藻酸鈉水溶液分別滴進已浸潤好不同比例的氯化鈣水溶液吸水布料上，浸置10分鐘，觀察海藻酸鈣膜的生成。
- 4.海藻酸鈣膜生成後，靜置通風處一段時間，風乾後再次觀察其質地的適切性，找出最適合的製作比例。



圖6



圖7



圖8

分別調配不同比例水溶液

將布料分別浸泡不同比例氯化鈣水溶液

把不同比例海藻酸鈉水溶液滴入布

將不同比例水溶液交錯搭配

風乾後觀察

(二)試驗海藻酸鈣抑草膜之環保可分解性

將膜分別放置在半日照通風處與培養土中掩埋，作分解效度的比較及後續的更長時間的觀察。初步先透過面積殘留率的數據做為評估，再做更細部的觀察。

(三)製作平面雙面同時硬化的海藻酸鈣膜(單層/雙層)

- 1.將毛巾浸入3%氯化鈣水溶液中至全為浸溼，再取出鋪放在塑膠盤中。
- 2.在濕潤的毛巾上，倒上3%海藻酸鈉水溶液100ml，以玻璃棒抹平，並輕微震動至均勻。
- 3.再於側面傾倒3%氯化鈣水溶液，微微傾斜澆過海藻酸鈉凝膠至完全覆蓋，靜置5分鐘以上，使成膜完全。
- 4.取出海藻酸鈣膜，置於乾燥通風之環境，靜置風乾，此為單層雙面硬化的海藻酸鈣膜。
- 5.若要製作雙層膜，則在步驟(4)後，重複步驟(1)~(3)，並將膜體包覆在其中，再進行步驟(4)，可至得雙層膜或多層雙面硬化的厚膜。



圖9



圖10



圖11

將毛巾浸入氯化鈣水溶液中，再鋪放在塑膠盤中

在濕潤的毛巾上倒上海藻酸鈣水溶液

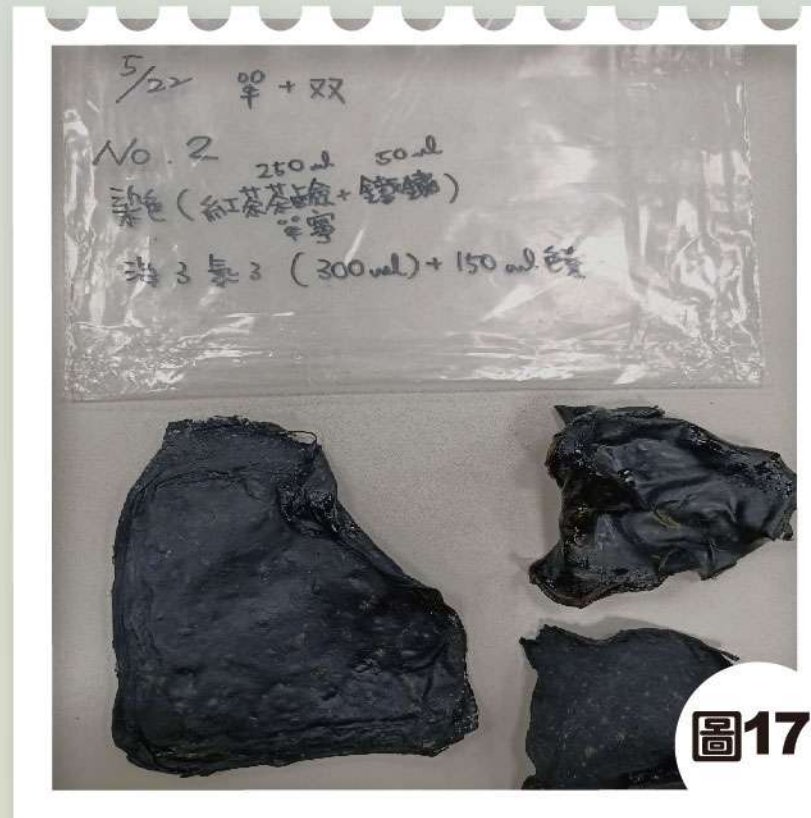
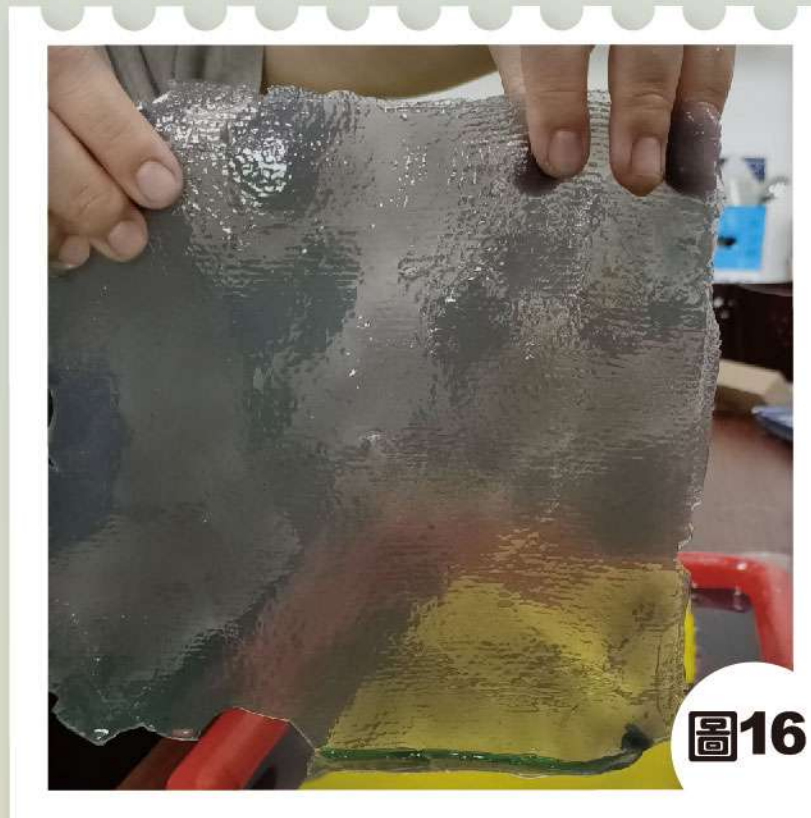
再傾倒入氯化鈣水溶液淹過海藻酸鈣凝膠

靜置5分鐘以上，使成膜完全後風乾

重複步驟可至得多層厚膜

(四)海藻酸鈣抑草膜的製作(添加茶渣鞣酸色素)

- 1.以天然色素為主，用茶渣單寧酸(鞣酸)做黑色染料的製備。取將丟棄的茶渣，加熱煮沸或沸水浸泡，過濾後萃取出殘留的鞣酸等成分。
- 2.以醋浸泡生鏽物或鐵絲絨，加速取得氧化鐵中的鐵離子。
- 3.將過濾後的茶葉水與氧化鐵溶液混合攪拌，很快就轉成黑墨水。
- 4.將黑墨水加入海藻酸鈣水溶液中，依(二)海藻酸鈣膜的製作方式，就製成可阻隔陽光。
- 5.以手電筒、檯燈模擬為光源，對海藻酸鈣抑草膜進行阻光功能試驗。



將茶渣加熱浸泡，萃取出殘留的鞣酸

以醋浸泡生鏽物，加速取得氧化鐵中的鐵離子

將茶葉水與氧化鐵溶液混合攪拌，轉成黑墨水

將黑墨水加入海藻酸鈣水溶液中依方法(二)製作

以手電筒模擬為光源，進行阻光功能試驗

(五)海藻酸鈣抑草膜的製作(添加咖啡渣)

- 1.在(二)海藻酸鈣膜製造過程，取咖啡渣粉末加入海藻酸鈣溶液中，攪拌均勻。
- 2.依(二)海藻酸鈣膜的製作方式，就可製成可阻隔陽光功能，可為海藻酸鈣抑草膜。
- 3.若要較厚的海藻酸鈣抑草膜，則可依(二)製得雙層或多層厚膜的抑草膜。
- 4.以電筒、檯燈為光源對海藻酸鈣抑草膜進行阻光功能試驗。



取咖啡渣粉末加入海藻酸鈣溶液中

製得雙層或多層厚膜的抑草膜

以手電筒、檯燈為光源對海藻酸鈣抑草膜進行阻光功能試驗

肆、研究結果與討論

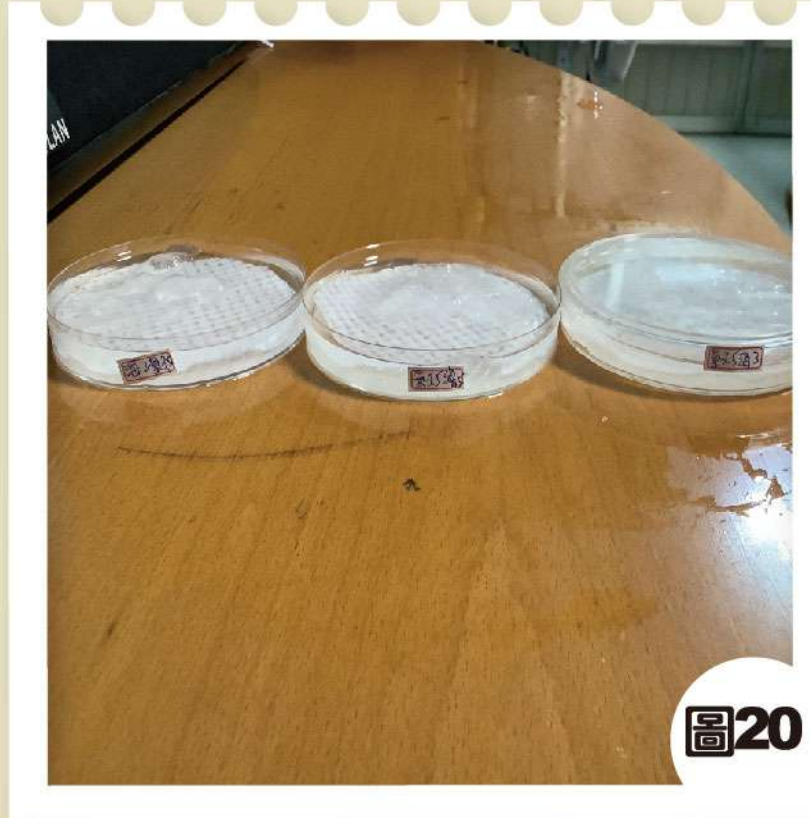
一、研究結果：

(一)探討海藻酸鈣與氯化鈣比例混和反應方式

分別調配2%、2.5%、3%的海藻酸鈣水溶液和3%、3.5%、4%的氯化鈣水溶液，交錯搭配測試，實驗結果紀錄如下，根據實驗結果，選擇海藻酸鈣3%與氯化鈣3%進行後續實驗。

濃度搭配	氯化鈣 3%	氯化鈣 3.5%
海藻酸鈣 2%	1.有空隙，形狀較不規則 2.表面粗糙	1.有空隙 2.不易斷可彎曲、表面粗糙
海藻酸鈣 2.5%	1.不易斷裂、偏硬 2.表面乾燥粗糙	1.成膜較薄，但質地堅硬 2.中間易有空隙，細部易碎面積大 3.邊緣捲曲較明顯、表面粗糙
海藻酸鈣 3%	1.成膜最厚、有韌性且彎曲不會斷 2.底面滑順、上層粗糙	1.形狀不規則、略凹凸不平 2.可彎曲，質地偏硬

(表1)

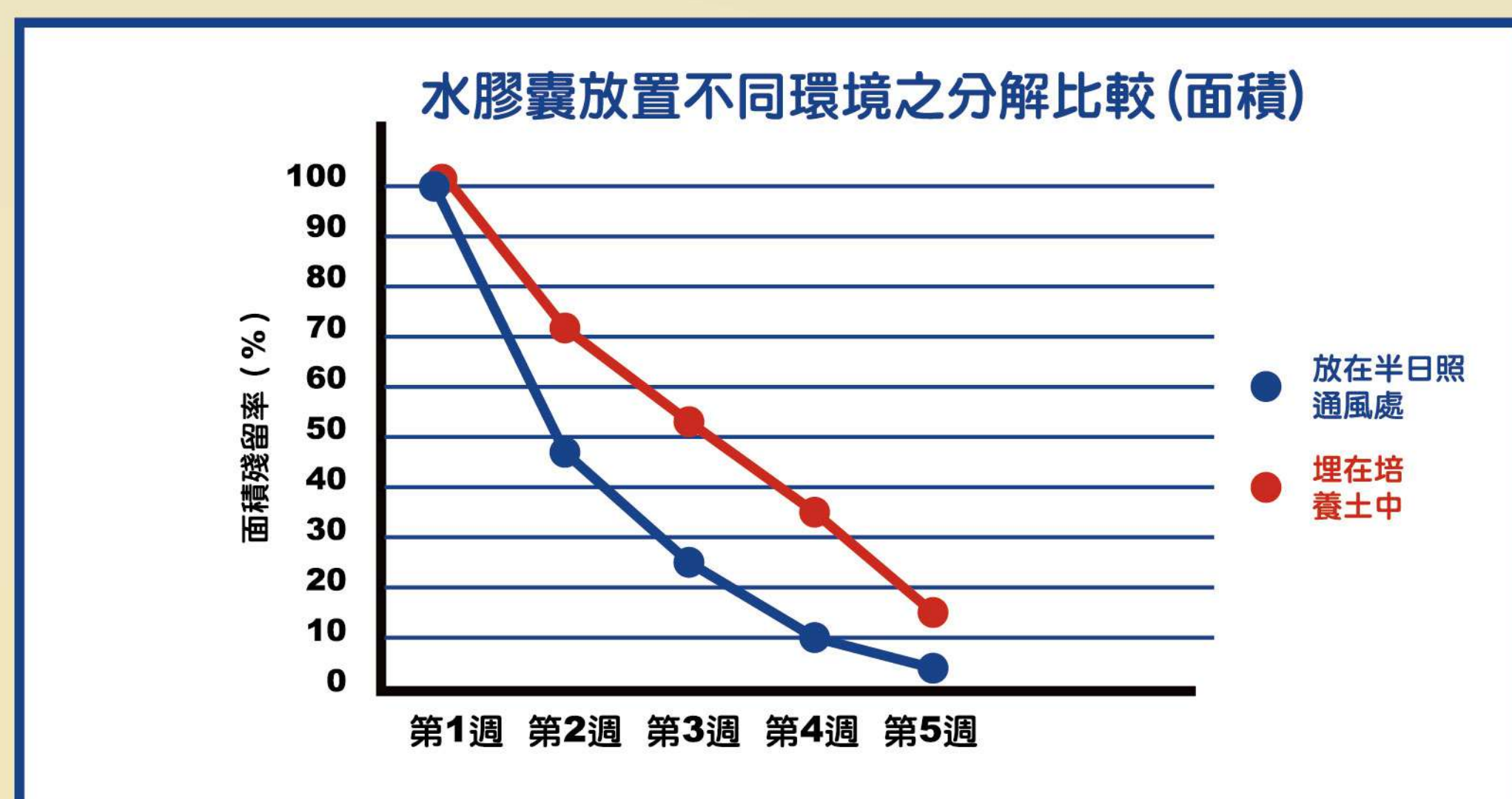


(二) 試驗海藻酸鈣膜之環保可分解性：

將膜分別放置在半日照通風處與培養土中掩埋，作分解效度的比較。透過面積殘留率可以得知，放在通風處乾燥速度快，掩埋在土中分解佳。實驗顯示五週內有顯著的分解效果，五週後繼續觀察在土壤中掩埋分解更佳。故此抑草膜適用在田地上，可直接翻土掩埋而不會有塑膠微粒汙染，有助於提高農作效率並具環保特性。實驗數據如下：

數值	放在半日照通風處					埋在培養土中				
	NO.1		NO.2		NO.3	NO.4		NO.5		NO.5
週次	NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5	NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5
測量	長	寬	長	寬	長	長	寬	長	寬	長
第1週	5.7	4.2	5.9	3.8	5.4	3.5	6.1	3.3	5.5	4.1
第2週	3.9	2.7	4.1	2.2	3.8	2.1	5.2	2.1	3.4	3.5
第3週	2.6	1.8	2.8	1.6	2.9	1.7	4.3	1.5	2.6	2.4
第4週	1.9	0.9	2.1	1.2	2.2	1.1	2.6	0.8	1.4	1.3
第5週	1.2	0.4	1.7	0.3	1.6	0.4	1.7	0.3	1.1	0.6

(表2)



(圖26)

(三)以平面製作雙面同時硬化的海藻酸鈣抑草膜(單層/雙層)

此為雙面硬化單層膜，成功率100%。再取出海藻酸鈣膜，將膜體再次包覆在其中，重複進行步驟，此為雙層雙面硬化的海藻酸鈣膜。但此步驟需要較嚴謹掌握時間，再交聯成膜的時間內加入單層膜，否則易有破損失敗。在製作的過程中，雖然以玻璃棒抹平，再加上震盪欲使之均勻，但成品仍可能有不均勻的狀態，間接影響遮光效果，尤其是單層膜上更顯著，所以欲以雙層膜或多層膜來處理此問題。但雙層膜亦有其優劣勢，比較如下。

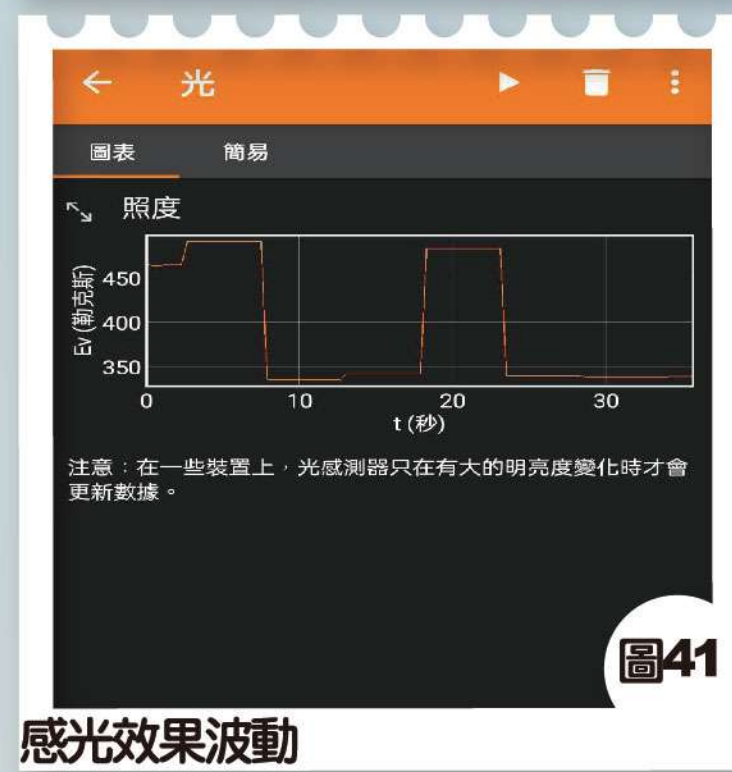
優劣勢比較	優勢	劣勢
單層膜	1.用料省、快乾 2.輕薄可攜 3.可如紙一般對摺	1.不均勻處遮光效果差 2.用力易破 3.較易不規則捲曲
雙層膜	1.韌性高 2.大多可攤平、不易捲曲 3.可有幅度地對摺 4.遮光效果佳	1.製作與風乾的時間較長 2.耗材耗料 3.可能會分層有孔隙 4.有厚度就重量，不易攜帶

(表3)



(四)製作海藻酸鈣抑草膜 (添加茶渣鞣酸色素)及功能試驗

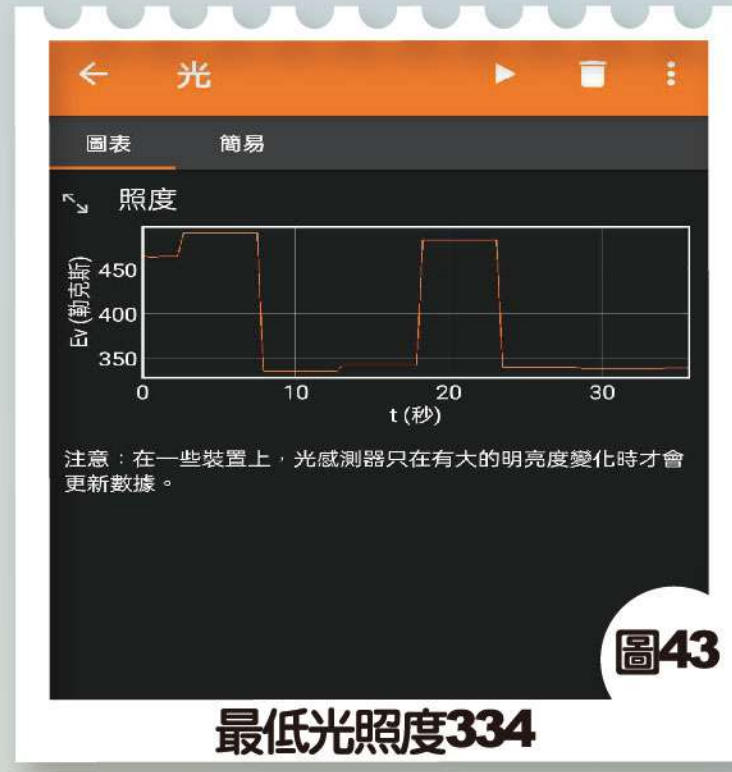
- 1.以天然色素為主，參考早期墨水的製作方式，取茶渣單寧酸(鞣酸)黑色染料的製備。取將丟棄的茶渣，發現紅茶的單寧酸較高，實驗成果中也是紅茶製作出來的色素顏色最深。
- 2.以醋浸泡生鏽物或鐵絲絨，加速取得氧化鐵中的鐵離子，將過濾後的茶葉水與氧化鐵溶液混合攪拌，很快就轉成黑墨水。
- 3.將黑墨水液加入海藻酸鈣水溶液中，依(二)海藻酸鈣膜的製作方式，就製成可阻隔陽光功能的海藻酸鈣膜，為海藻酸鈣抑草膜。光源暗箱，以檯燈模擬光源，對海藻酸鈣膜進行阻光功能試驗，以手機物理實作APP收集感光數據，進行測試。
- 4.此APP中運用手機中的 (Ambient light sensor)光度感測器來進行光強度的量測，光度感測器可提供光度數據供手機程式判斷，自動調整幕亮度達到人眼可接受的亮度。此感測器不只可提高暗處看螢幕的舒適程度，更可節省能源、延長電池壽命。有趣的是還可以利用這個功能，以Phyphox為例，選取Light選項進行量測。
- 5.如實驗數據顯示(表4)，放上黑色海藻酸鈣阻光膜時，感光照度會大幅明顯下降，拿掉黑色海藻酸鈣阻光膜時，感光照度會明顯恢復。以實驗數據圖顯示，海藻酸鈣阻光膜有明顯遮光效果事實，可期待替代目前市面上黑色塑膠草蓆。



(五) 製作海藻酸鈣抑草膜 (添加咖啡渣)及功能試驗

在嘗試製作不同厚度的海藻酸鈣阻光膜時，傾向製作出輕薄又有韌性的海藻酸鈣阻光膜，所以嘗試種種方式來提高遮光效果，首先假設以提高色素濃度來加深顏色，但其天然黑色色素其中的鐵離子是以醋浸泡生鏽物或鐵絲絨，來加速取得氧化鐵，味道強烈略為刺鼻，令人困擾。所以，我們換個方向來思考，再次假設以混入實質物質來遮光，最後選擇添加咖啡渣。實驗結果顯示，添加咖啡渣海藻酸鈣阻光膜，因咖啡渣具吸水性、具更高的保水功能，可讓植株根部地面不致於乾燥缺水，而且有抑味除臭的效果，不只解決了高濃度黑色色素有強烈酸味的問題，且咖啡渣以瀰漫性的散布在膜體中提高了遮光效果，當以Phyphox取Light選項進行量測，第一次在有放海藻酸鈣阻光膜遮光的暗箱測試中，最低光照度由334降至133(如：圖43、圖44)，結果符合假設。

後續再多次測試感光照度，取一段時間的感光照度測試數據統計如表4，發現有染黑色或添加咖啡渣的海藻酸鈣抑草膜在檯燈光源下，光照度數值皆幾乎歸0，反推回去，表示皆有一定顯著程度的遮光效果。



伍、討論

右側為表4各組不同類型海藻酸鈣抑草膜之感光測試數據折線圖。

(一)探討海藻酸鈣與氯化鈣和混合反應及最適合濃度:因為鈣離子濃度會影響膜的生成快慢，而上一個實驗中利用2%的氯化鈣製作水膠囊效果佳，但為了提高生成效率及韌性，測試後將濃度提高至3%效果最符合需求設定。

(二)找出同時雙面硬化成膜的方法:在原本的實驗中，發現當海藻酸鈣滴入氯化鈣，若持續浸泡在氯化鈣中就會逐漸實心化。測試中，發現可先用吸水性強的毛巾先吸附足夠的氯化鈣溶液，當作下層硬化，同時在海藻酸鈣上層澆淋浸泡氯化鈣，達到讓上下雙層同時硬化的效果。

(三)探討多層次來增加其韌性：

1.初始實驗製作了雙層水膠囊來提高韌性，所以初步推論將抑草膜也做成雙層膜來增加韌性及阻光效果。

2.但結果常無法完整雙層包覆，在多次測試阻光效過的過程中，意外發現單層膜，若是厚度適中、質地均勻、色素夠深，也可做出相同阻光效果。

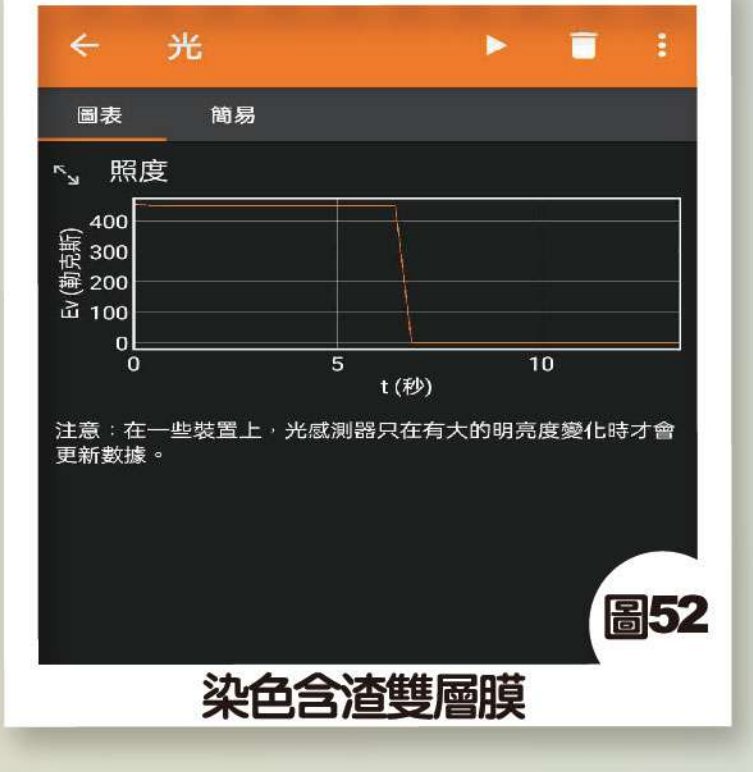
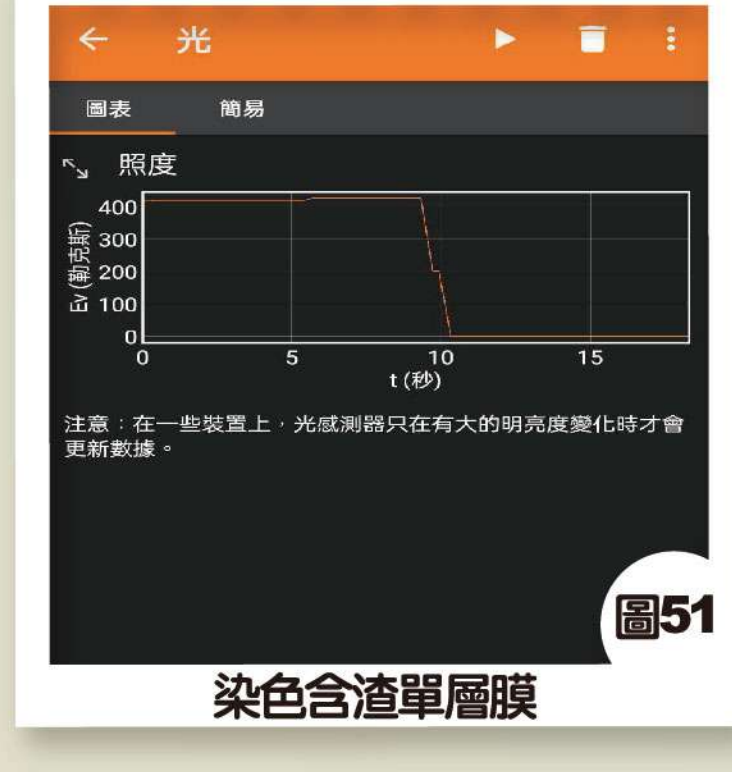
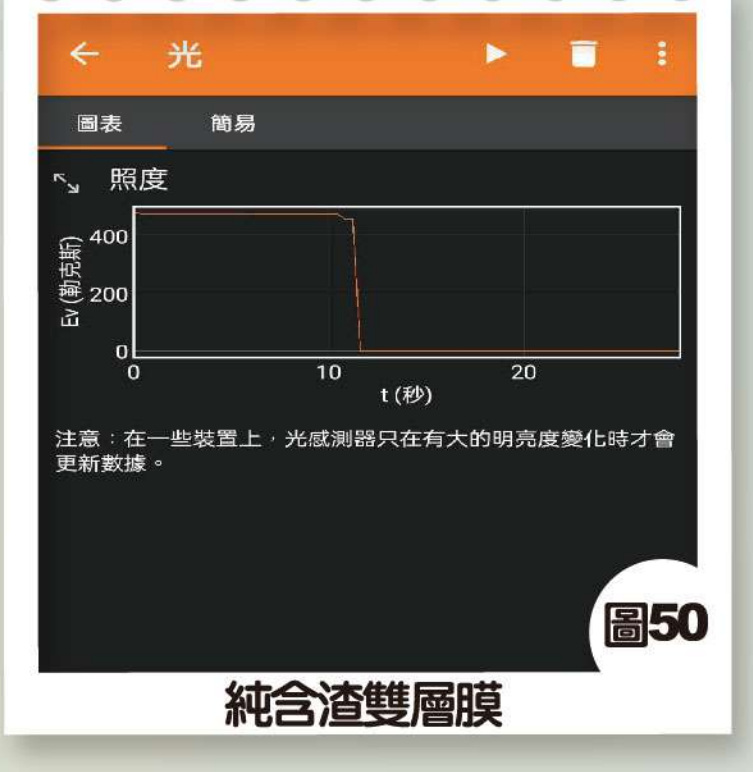
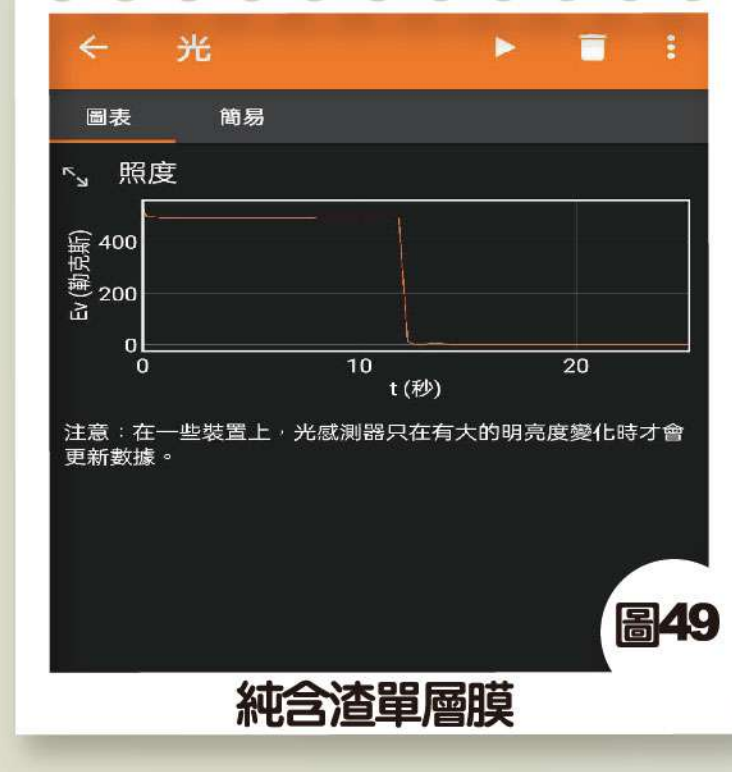
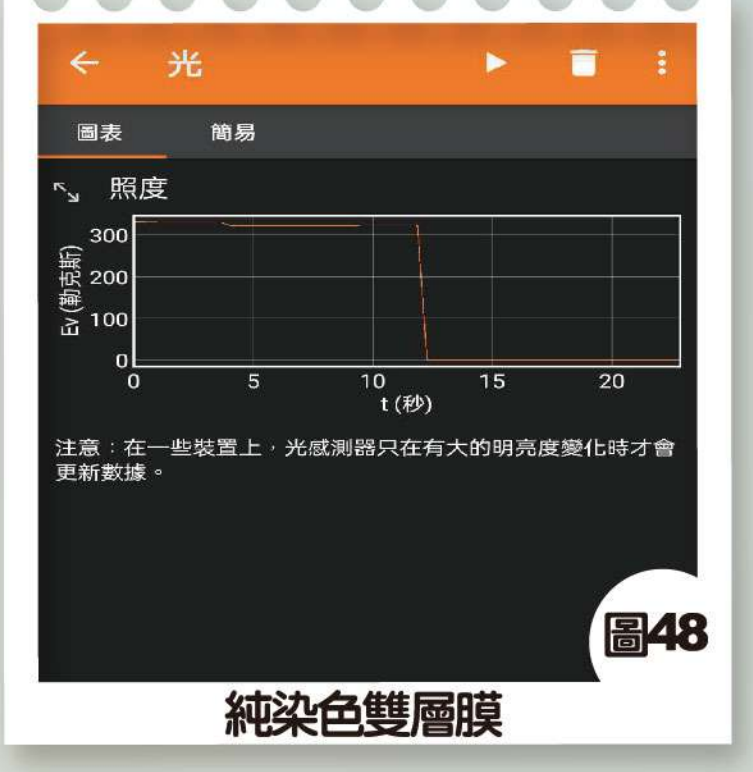
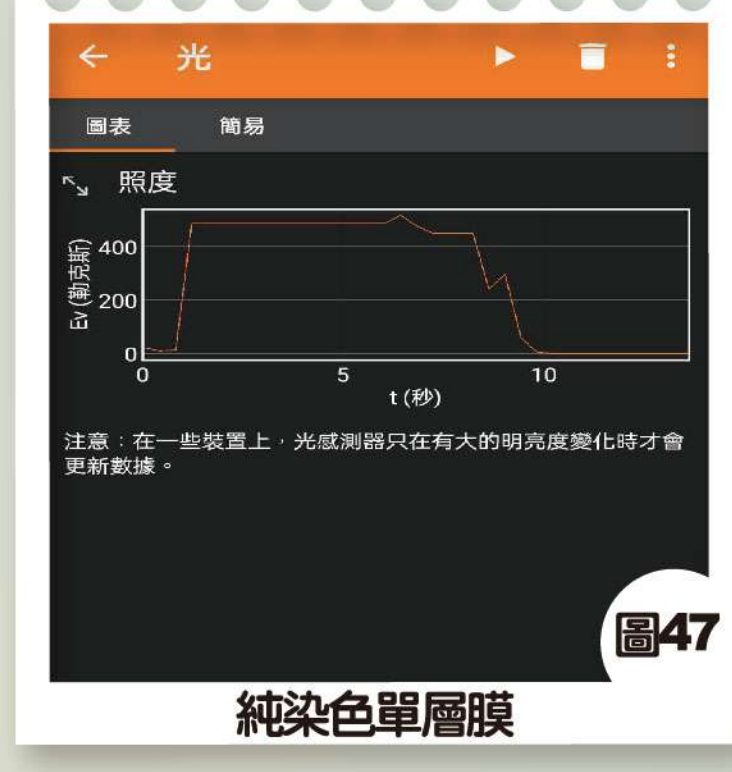
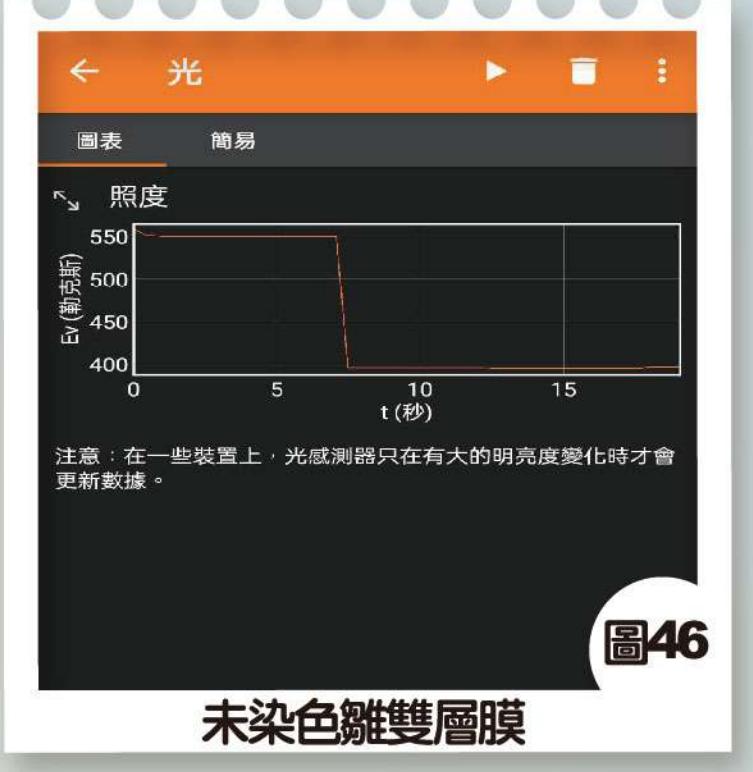
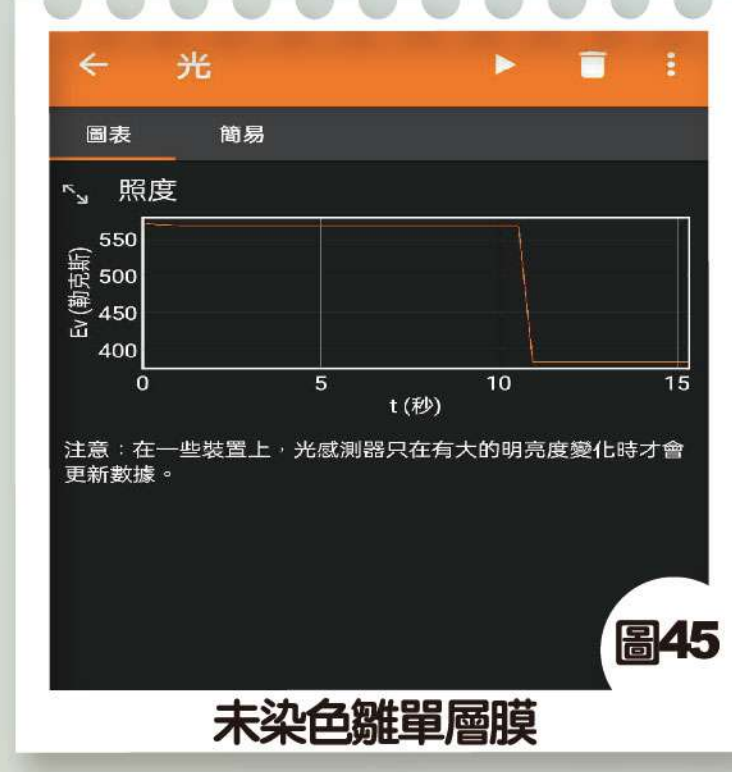
(四)探討實用性：

1.添加咖啡渣的抑草膜遮光效果好且能除臭，但由於保水性強，容易發霉、斷裂；相比之下，未添加咖啡渣的抑草膜，輕薄且韌性佳、易乾燥故不易生霉，但其邊緣容易捲曲，不夠平整。後續將探討解決這些問題。

2.增加測試抑草膜乾燥後再浸水的情況以模擬戶外下雨時農田的情況，發現短時間內，抑草膜即使浸水也不會膨脹或破損此外；再次放置於陰涼處風乾至一定程度後，其尺寸和形態將保持穩定，不會進一步收縮或變形。適合在戶外農地使用，能抵抗下雨日曬等自然條件。

(五)研究展望

過程中，因時間不足，有部份實驗無法完成。未來可能再製作具孔隙、高滲透性的抑草膜，同時能夠添加肥料和植物營養劑，並以緩釋方式提供植物所需的養分，促進健康生長。這種新型膜不僅能夠有效抑制雜草，還能夠環境友善地支持農業耕作，展現出新的耕作模式。



感光照度測試數據 Illuminance (lx)							
1. 未染色離形膜		2. 成品二純色素膜		3. 成品三純渣無色素膜		4. 成品四色素含渣膜	
單層	雙層	單層	雙層	單層	雙層	單層	雙層
566.42	549.53	484.84	320.76	490.64	474.34	416.04	447.14
566.42	549.53	484.84	320.76	490.64	474.34	416.04	447.14
566.42	549.53	484.84	320.76	490.64	474.34	416.04	447.14
566.42	549.53	484.84	320.76	490.64	474.34	416.04	447.14
566.42	549.53	484.84	320.76	490.64	474.34	416.04	447.14
566.42	549.53	515.40	320.76	490.64	474.34	425.31	447.14
566.42	549.53	476.17	322.40	490.64	473.53	425.31	447.14
566.42	549.53	450.57	322.40	490.64	472.71	425.31	447.14
566.42	549.53	322.40	492.27	455.82	201.91	447.14	447.14
383.35	395.33	0.00	9.53	0.00	0.00	0.00	0.00
383.35	395.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
383.35	395.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
383.35	395.33	0.00	3.53	0.00	0.00	0.00	0.00
383.35	395.33	0.00	3.53	0.00	0.00	0.00	0.00
383.35	395.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
383.35	395.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
383.35	395.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(表4)

(表5)

有無添加咖啡渣之黑色海藻酸鈣抑草膜-特性比較表	
有添加咖啡渣	無添加咖啡渣
保水性好、易大肆發霉	較乾燥、不易發霉
可除臭抑味、無強烈氣味	鐵鏽味、醋味明顯
顆粒感重、凹折易裂	平滑、可凹折不易裂
風乾後狀態大多平整	風乾後邊緣捲曲狀多
肉眼所見的遮光效果較佳	不夠均勻時遮光效果不佳
較厚重	重量較輕薄

陸、結論

- 一、海藻酸鈣與氯化鈣比例混和反應方式，實驗結果中，3%海藻酸鈣搭配3%氯化鈣效果佳。
- 二、海藻酸鈣膜之環保可分解性，實驗顯示五週內有顯著的分解效果，五週後繼續觀察在土壤中掩埋分解更佳。故此抑草膜適用在田地上，可直接翻土掩埋而不會有塑膠微粒汙染，有助於提高農作效率並具環保特性。
- 三、以平面製作雙面同時硬化的海藻酸鈣膜 (單層/雙層)，以吸水性高的布料先吸附氯化鈣，可穩固成膜範圍，但雙層需要更謹慎掌控化學反應的時間。
- 四、製作海藻酸鈣抑草膜 (添加茶渣鞣酸色素)及功能試驗，透過自製照光案箱，運用手機APP-Phyphox取Light選項進行量測，結果符合有效遮光的假設。
- 五、製作海藻酸鈣抑草膜 (再添加咖啡渣)及功能試驗，在初次測試中最低光照度由334降至133，結果符合假設。但一段時間後再次進行對折韌度測試時發現，含渣抑草膜較易裂開，且因保水性高，較易有發霉狀況。雖然阻光小過勝出，但如何讓其更好保存是另外要解決的問題。整體實用效果而言，仍是無渣海藻酸鈣抑草膜較好。

最後，將抑草膜乾燥後再浸水測試，來模擬戶外下雨時農田的情況，發現抑草膜即使浸水也不會膨脹或破損，很適合在戶外農地使用，能抵抗下雨等自然條件。此外，製作完的抑草膜若放置於陰涼處風乾至一定程度後，其尺寸和形態將保持穩定，不會進一步收縮或變形。在農地的雨後，海藻酸鈣抑草膜展現其不屈的精神，不膨脹不破裂，成為真正的田野守護者！我們的實驗願景與聯合國永續發展目標不謀而合，特別是在促進綠色經濟、永續消費及生產和保育海洋方面，綠色經濟和永續發展將是未來的必然趨勢。最終，我們希望這項實驗展望，能促進對地球的愛護和實現永續發展的目標！

柒、參考文獻資料

- 一、吃我一顆水球-探討無瓶水製造方式和性質檢測。2016。取自第56屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 二、Party“Ooho”耐-Ooho水球與飲料球配方研究與推廣。2018。新北市107學年度中小學科學展覽會作品說明書。
- 三、探囊取水-探討雙層膜水膠囊的製作方法、保存方法與各項測試。2021。蔡沛穎等人第61屆。
- 四、目不轉「晶」-探討海藻酸鈉薄膜的形成與其相關應用。2016。吳佳蓉等人56屆。
- 五、不「球」「滲」「解」。2017。吳宗錚等人57屆全國中小學科展作品。
- 六、解不開的「膜」咒?海藻酸鈉薄膜之探討及應用。2021。新竹市第39屆國民中小學科展作品。
- 七、可以「吃」的水—海藻酸鈉食用水球的假設與探究。2023。臺東縣第63屆全國中小學科展作品。
- 八、大吃一晶-鈣多晶球。2023。中華民國第58屆全國中小學科展作品。
- 九、城市新聞(2017)。飲水革命!英國學生發明「可以吃的水球」募資超標40萬英鎊。
- 十、方儉(2023)。《努力小農》注意塑膠微粒對農業的危害-已經潛伏多年的土壤生態殺手。取自信傳媒。

捌、附錄

- 一、引用圖片來源：
 - 1.圖(一)海藻酸鈉與鈣作用形成薄膜之化學反應
資料來源：國立台中教育大學科學教育與應用學系科學遊戲實驗室
 - 2.圖(二)植物的光合作用反應圖示
(參考自光合作用@李爸的傻子語錄- PChome Online 個人新聞台)
- 二、照片攝影索引：
 - 1.照片圖檔:皆由第一指導教師協助拍攝。