

# 中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學(二)科

**第三名**

082916

**肥皂水處理大作戰~為防疫與水循環永續盡份心力**

學校名稱：苗栗縣竹南鎮竹南國民小學

作者：  小六 江佳倣  小六 柳兆鈺  小六 林琪傑  小六 李振華	指導老師：  黃建科  姚永笛
---	-----------------------------

關鍵詞：肥皂水處理、活性污泥法、水循環永續

## 摘要

臺灣在2021年受到缺水與疫情的影響，本團隊以DFC學習法來釐清相關問題，將「**防疫勤洗手產生的肥皂水經處理後，供植物灌溉使用**」作為研究構想。根據國小課程「水污染與防治」、參訪污水處理廠和相關文獻，得知「**活性污泥法**」常應用於處理生活污水。故決定以活性污泥法的原理**自製處理器**來處理肥皂水，本研究的前導實驗在培養污泥及篩選試驗用肥皂水，而**主題實驗**的變因有**肥皂水濃度**、**肥皂水添加活性污泥混合液的比例**及**曝氣時間**，經研究得知合適的處理條件為肥皂水濃度 **2.5%(含)以下**，肥皂水與活性污泥混合液的比例為**1:30 ~ 1:10**，且曝氣**至少1h**，經綠豆發芽驗證得知再生水優於自來水。期望透過本研究的自製肥皂水處理器為防疫與水循環永續盡份心力。

## 壹、前言

### 一、研究動機

2021年4月臺灣面臨了56年來最大缺水危機(如圖1-1)，緊接著5月中新冠肺炎疫情爆發，因此讓團隊有了想要對水循環永續與防疫盡份心力的想法。抱持著這個想法，9月開學後與自然老師及社團教練和同學進行討論，社團教練採用DFC學習法 (Design for Change)中的「人、事、時、地、物分析法」盡可能讓團隊去盤點並看見缺水與防疫問題的不同面向，團隊發現對小學生來說**缺水**與**防疫**兩者的**共通點都會有洗手**(如圖1-2)，那防疫期間所產生的大量肥皂水要怎麼處理才會比較適合呢？**於是我們想知道：**

- (一) **肥皂水的處理方法?**
- (二) **如何自製肥皂水處理器並找到合適的處理條件?**
- (三) **如何縮短驗證時間?**



## 二、研究目的

- (一) 探討肥皂水處理的原理。
- (二) 探討自製肥皂水處理器與合適的處理條件。
- (三) 探討縮短驗證時間的方法。
- (四) 將防疫勤洗手產生的肥皂水經自製處理器處理，供植物灌溉使用。

## 三、文獻探討

臺灣在2021年經歷了缺水危機與疫情爆發，因此讓本團隊有了想要對水循環永續與防疫盡一份心力的想法。本研究採用DFC學習法，並透過 DFC學習法中的「人、事、時、地、物分析法」如圖1-3與圖1-4，盡可能去盤點並看見缺水與防疫問題的不同面向，團隊發現對小學生來說**缺水**與**防疫**兩者的**共通處**都會有**洗手**，透過「設計路線圖」的聚焦如圖1-5，讓團隊得到了本研究的**研究構想**為「將防疫勤洗手產生的肥皂水處理後，供植物灌溉使用」。



圖1-3 缺水問題之人事時地物分析圖



圖1-4 防疫問題之人事時地物分析圖

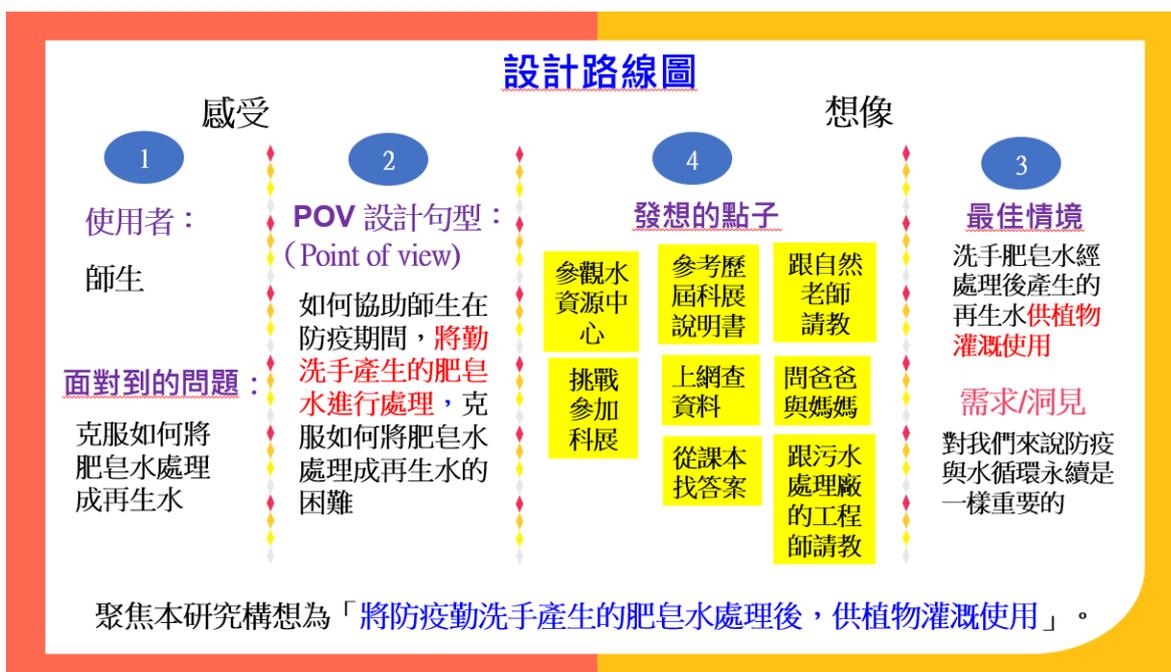


圖1-5 設計路線圖

根據國小課程自然6下水污染與防治及歷屆科展作品和參訪污水處理廠後，本團隊將文獻與參訪污水處理廠可再探討的內容整理成下表，如下表所示。

表1-1 課本、科展作品、污水處理廠參訪及文獻中可再探討的內容

文獻/參訪中探討的因素	本研究 可再探討的內容
自然與生活科技 6下-水污染與防治：政府興建污水處理廠來處理生活污水。	由於肥皂水是生活污水的一部分，因此污水處理廠的處理方法也可以處理肥皂水。
第47屆全國科展國小組-生態池大考驗：水芙蓉可以幫助各類肥皂沉澱並淨化水質，但量多還是會讓水質變混濁。	水芙蓉對肥皂水淨化程度有限，所以生態池處理肥皂水並不符合本研究所期望的效益。
第51屆全國科展國小組-污水大變身：以濃度2.5 %市售12種洗碗精加入綠豆中，觀察發芽3天變化作為驗證對生態環境傷害的比較。	參照其實驗方法，將洗碗精廢水換成肥皂水。 <b>前導實驗一：找出對綠豆發芽影響最大的肥皂配成2.5 %、1.2 %團隊家中常用肥皂水加入綠豆中，觀察3天找出影響最大者，進行後續實驗。</b>
第51屆全國科展國小組-污水大變身：採用淨水廠的程序來處理洗碗精廢水。	採用淨水廠程序處理洗碗精廢水並不恰當，故本研究改以污水處理廠的程序來處理肥皂水。
參訪污水處理廠得知，其採用「活性污泥法」來處理生活污水。	故本研究採用「活性污泥法」來處理洗手產生的肥皂水。
污水處理廠各程序如表1-2與圖1-6所示，程序為進抽站→前處理(粗欄污柵+除臭設備)→初沉池(細欄污柵)→曝氣池→二沉池→放流消毒池→排入河流中。	<b>自製實驗室小型處理器與供班級試用型處理器</b> 自製實驗室小型處理器只需曝氣池。 自製供班級試用型處理器，處理肥皂水只需進抽站(對應洗手台與排水管)、曝氣池與二沉池。

<p>活性污泥操作維護手冊： 「活性污泥法」是由強制曝氣將活性污泥分散於污水中並提高溶氧量，使微生物被活化在好氧狀態下處理污水。</p>	<p>自製實驗室小型處理器與供班級試用型處理器可採用養魚的雙出口式打氣機搭配軟管與曝氣石來達到強制曝氣的功能。小型處理器預計搭配1組曝氣石，班級試用型預計搭配4組曝氣石。</p>
<p>活性污泥操作維護手冊： 污水中污染物的去除，為細菌與真菌對水中有機污染物分解與吸收，再被原生動物及後生動物相繼捕食，進而大量增生並將污染物淨化，如圖1-7與圖1-8。</p>	<p>目的：探討肥皂水處理的原理 肥皂溶於水中的有機成分被細菌與真菌分解後吸收，這些細菌與真菌被鐘蟲類之原生動物(一次捕食者)捕食，而原生動物則再被輪蟲類之後生動物(二次捕食者)所捕食，進而達到淨化處理。</p>
<p>活性污泥操作維護手冊： 生化需氧量(BOD)，是水體中的好氧微生物在一定溫度下將水中有機物分解成無機質，這一特定時間內的氧化過程中所需要的溶解氧量。</p>	<p>國小經費有限，無法添購BOD監控儀器。故本研究改以<b>污泥沉降比(SV<sub>30</sub>)</b>作為監控活性污泥的指標(SV<sub>30</sub>：取1L活性污泥混合液裝於量桶中靜置沉降30 min，讀取並計算沉澱污泥占混合液的體積百分比)。</p>

表1-2 污水處理廠處理生活污水流程照片說明

照片										
說明	進抽站	前處理		初沉池		粗欄污柵	除臭設備	曝氣池	二沉池	放流消毒池

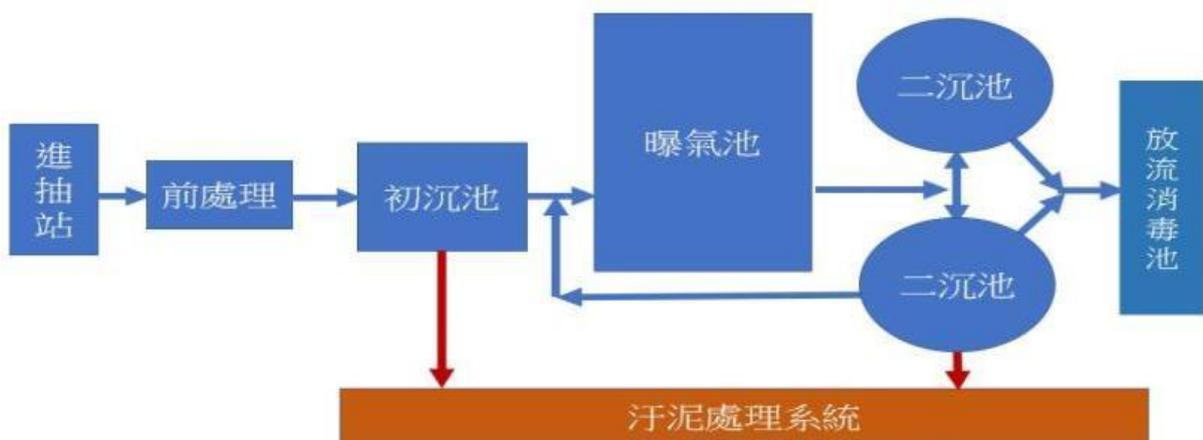


圖1-6 污水處理廠生活污水處理流程圖



圖1-7 活性污泥周圍及其組成示意圖



圖1-8 活性污泥法去除有機物之原理

## 貳、研究設備及器材

本實驗主要研究試劑為麗仕肥皂水與活性污泥混合液，主要研究設備為實驗室小型處理器、第一代自製肥皂水處理器原型、自製簡易溫室，其設計圖與設備照片，如下所示：

### 一、實驗室小型處理器



圖2-1 實驗室小型處理器設計圖



圖2-2 實驗室小型處理器裝置圖

### 二、第一代自製肥皂水處理器原型(供班級試用型處理器)

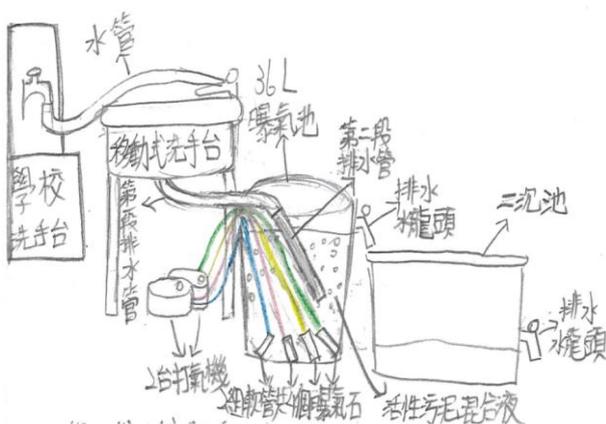


圖2-3 第一代自製肥皂水處理器原型設計圖



圖2-4 第一代自製肥皂水處理器原型裝置圖

### 三、自製簡易溫室

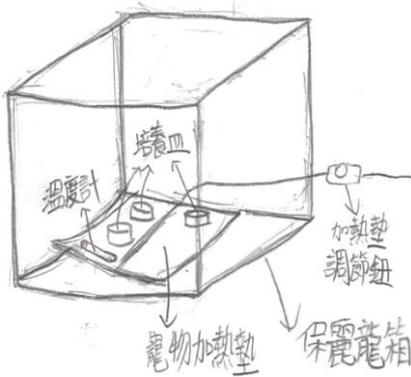


圖2-5 自製簡易溫室設計圖



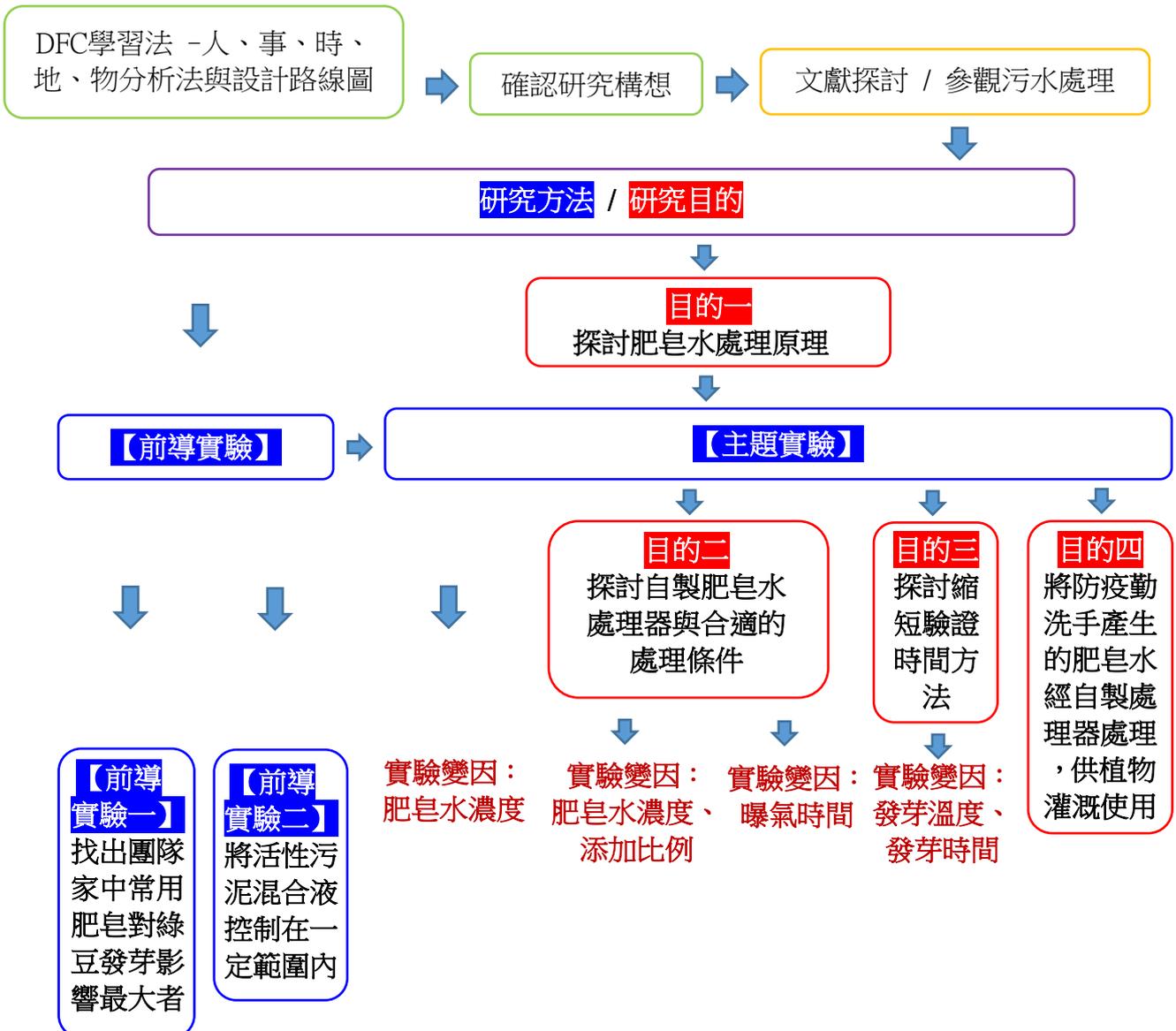
圖2-6 自製簡易溫室內部



圖2-7 自製簡易溫室外部

## 參、研究過程或方法

### 一、研究架構圖



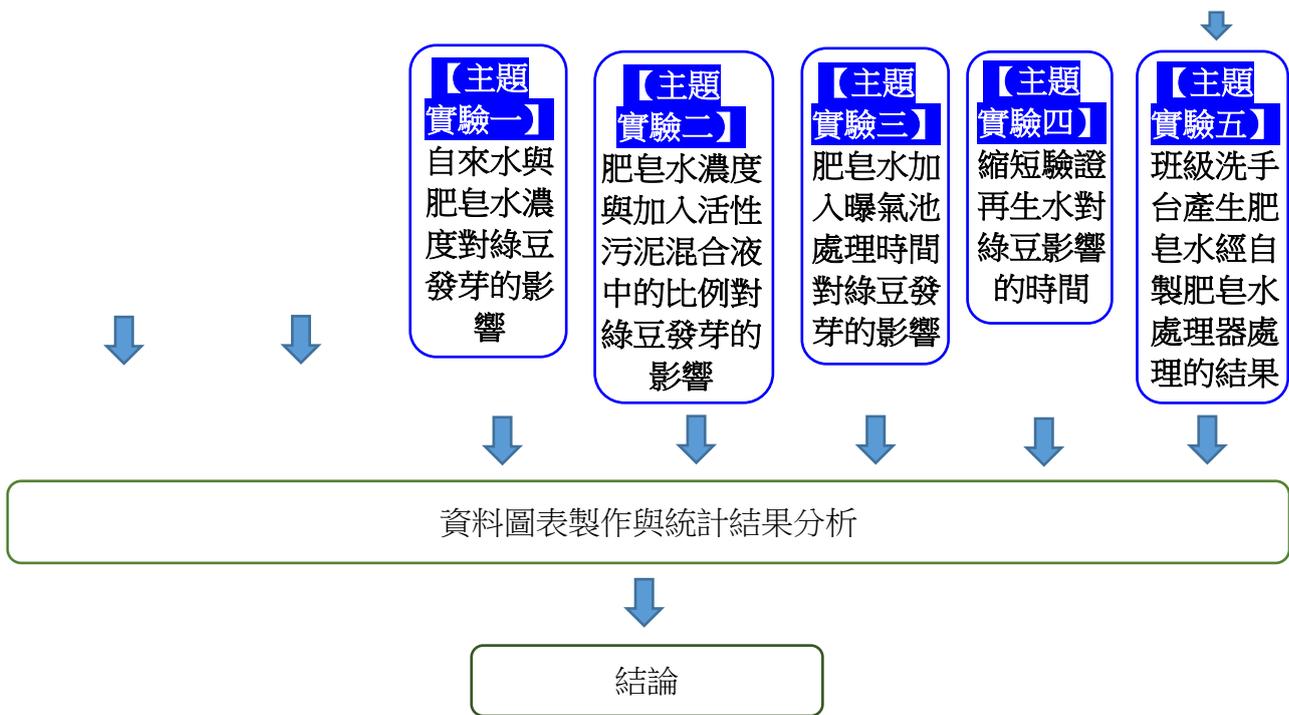


圖3-1 研究架構

## 二、研究方法

依據表1-1 課本、科展作品、污水處理廠參訪及文獻中可再探討的內容，經目的一探討肥皂水處理的原理後，將「活性污泥法」的原理搭配污水處理廠的處理程序設計出實驗室小型處理器(如圖2-2)與自製肥皂水處理器(如圖2-4)，來進行本研究之實驗。練

本研究實驗分為前導實驗與主題實驗：

### (一) 前導實驗，分為

#### 【前導實驗一：找出團隊家中常用肥皂對綠豆發芽影響最大者】

1. 從團隊家中常用10種肥皂(好米肥皂、好茶肥皂、麗仕肥皂、無患子手工肥皂、綠的藥皂、雅芳去角質肥皂、嬰兒肥皂、抹草潔生皂、蜂王檀香肥皂、水晶肥皂)進行觀察綠豆發芽的情形，**找出對綠豆發芽影響最大**者進行後續實驗。

#### 【前導實驗二：將活性污泥控制在一定範圍內】

1. 以**定量的營養源**來餵養活性污泥，讓**污泥沉降比**可以控制在一定範圍內。

### (二) 主題實驗，分為

#### 【主題實驗一：自來水與肥皂水濃度對綠豆發芽的影響】

1. 實驗變因：**肥皂水濃度**。
2. 以**自來水**作為對照組，配製肥皂水的濃度**2.5 %、1.2 %、0.6 %、0.3 %**作為實驗組。

#### 【主題實驗二：肥皂水濃度與加入活性污泥混合液中的比例對綠豆發芽的影響】

1. 實驗變因：**肥皂水濃度、肥皂水：活性污泥混合液的比例**。

- 實驗室小型處理器採用1200 mL量杯，而第一代肥皂水處理器原型之曝氣池採用36 L 塑膠桶。本實驗加入曝氣池的肥皂水與活性污泥混合液比例，沒有可參考的依據。
- 故本團隊將36 L塑膠桶於10 L、20 L、30 L處標示刻度，假設洗手產生1 L肥皂水並選用10 L、30 L的刻度，以**肥皂水：活性污泥混合液**為**1:30**與**1:10**的比例進行實驗，以下不再贅述，均以**1:30**與**1:10**表示。
- 由於團隊從污水廠帶回的活性污泥混合液量有限，所以在試驗合適的處理條件時需節省活性污泥混合液的用量，故以**1200 mL實驗室小型處理器**進行實驗，試驗後的活性污泥混合液直接由學校洗手台倒掉，所以不影響其它未試驗的活性污泥混合液。
- 本實驗採用水族館販售的可調式雙出口打氣機加軟管接曝氣石作為本實驗的曝氣裝置，由於所採用之打氣機為雙出口式，故一次實驗可供2組進行曝氣實驗。
- 標準活性污泥法污水在**曝氣池曝氣時間**是 4~8 h，因此團隊先選定 **4 h**作為對照組，作為本實驗肥皂水在曝氣池的曝氣時間。
- 對照組與實驗組的濃度與比例，如下表所示。

表3-1 主題實驗二之肥皂水濃度與肥皂水：活性污泥混合液比例

組別	麗仕肥皂水濃度(%)	肥皂水：活性污泥混合液之體積比	加入肥皂水的體積(mL)	活性污泥混合液的體積(mL)	曝氣時間(h)
對照組	1.2	1:30	30	900	4
實驗組1		1:10	90		
實驗組2	2.5	1:30	30		
實驗組3		1:10	90		

**【主題實驗三：肥皂水加入曝氣池處理時間對綠豆發芽的影響】**

- 實驗變因：**曝氣時間**。
- 標準活性污泥法污水在曝氣池停留的時間是 4~8 h，因此團隊想了解肥皂水加入曝氣池曝氣時間對綠豆發芽長度是否會有影響？
- 以**1.2 %**肥皂水 **1:30** 比例曝氣**4 h**作為對照組，以**1.2 %**肥皂水 **1:30** 比例曝氣**1 h**、以**1.2 %**肥皂水 **1:30** 比例曝氣**8 h**作為實驗組，如下表所示。

表3-2 主題實驗三之添加肥皂水濃度與曝氣時間

組別	麗仕肥皂水濃度(%)	肥皂水：活性污泥混合液之體積比	加入肥皂水的體積(mL)	活性污泥混合液的體積(mL)	曝氣時間(h)
實驗組1	1.2	1:30	30	900	1

對照組					4
實驗組3					8

#### 【主題實驗四：縮短驗證再生水對綠豆影響的時間】

1. 實驗變因：發芽溫度、發芽時間。
2. 綠豆發芽驗證需要3天太久，故本研究參照文獻「綠豆芽生長環境控制因子與生產模式之研究」，得知當溫度在 28°C~33°C間，可快速成長。故本研究假設綠豆發芽驗證試驗可由 3天縮短為 1天，並進行探討。
3. 由於進行本研究時正值冬天，室溫約在13~16°C間，且學校自然教室沒有暖氣空調，團隊想到可用寵物加熱墊跟保麗龍箱子，製作成簡易溫室，保溫在理想範圍，讓綠豆在簡易溫室中生長24 h、48 h、72 h。
4. 以室溫15°C發芽72 h作為對照組，簡易溫室26°C~27°C發芽24 h、48 h、72 h作為實驗組，如下表所示。

表3-3 發芽溫度與綠豆發芽時間

組別	發芽溫度(°C)	添加	綠豆發芽時間(h)
對照組	室溫 15	自來水	72
實驗組1	簡易溫室 26~27		24
實驗組2			48
實驗組3			72

#### 【主題實驗五：班級洗手台產生肥皂水經自製肥皂水處理器處理的結果】

1. 將曝氣池由1200 mL量杯放大到36 L塑膠桶，搭配主題實驗二與三找到的合適條件進行曝氣，再搭配主題實驗四找到的綠豆發芽條件縮短驗證時間，對處理後之再生水與自來水進行驗證比較。
2. 由於班級洗手台的排水管都與學校的排水系統接在一起，為了不影響學校原有洗手台的排水管，所以本研究另外準備了移動式洗手台以利本實驗進行且不造成學校困擾。
3. 第一代自製肥皂水處理器原型是將班級洗手台水龍頭之出水口以水管連接至移動式洗手台水龍頭之入水口，移動式洗手台的排水管接至曝氣池，曝氣池排水口緊接二沉池，再生水則可由二沉池的排水口以塑膠水龍頭控制排出。

## 肆、實驗結果與討論

### 一、前導實驗

#### 【前導實驗一：找出團隊家中常用肥皂對綠豆發芽影響最大者】

##### (一) 實驗說明

1. 從家中常用10種肥皂調配2.5%、1.2 %的肥皂水培養綠豆，找出對綠豆發芽影響最大的肥皂，來進行後續實驗。

##### (二) 實驗步驟，如下表所示。

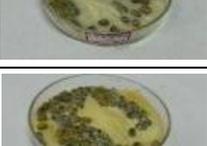
表4-1 前導實驗一之實驗步驟和照片

實驗步驟	照片
1. 將肥皂用刨絲器刨成絲狀於盒中，再裝入夾鏈袋中並貼上標籤備用。	
2. 將塑膠燒杯貼標籤區別。	
3. 將塑膠燒杯放置天平後歸零。	
4. 用塑膠匙將肥皂絲放至塑膠杯中，增減至需要重量。	
5. 取下塑膠杯，裝自來水。	
6. 將塑膠杯放置於天平，並用滴管加自來水至100 g，取下塑膠杯後，用玻璃攪拌棒將肥皂與水充分攪拌至肥皂溶解。	
7. 重覆步驟 2~6，配置 2.5 %與1.2 %的肥皂水。	
8. 取出培養皿貼上標籤，鋪好經裁剪成圓形的衛生紙(6層)，分別放入100顆綠豆，各別添加團隊家中常用10種肥皂水40 mL至對應培養皿中，讓綠豆於室溫生長72 h。	
9. 經 72 h後，拍照統計每個培養皿中的綠豆發芽數並記錄。	

(三) 實驗結果

1. 10種2.5 %肥皂水對綠豆發芽的結果，如下表所示。

表4-2 10種2.5 %肥皂水對綠豆發芽的結果

室溫：18 ℃；10 種肥皂各配2.5 %肥皂水40 mL，各別培養100顆綠豆72 h。					
濃度 (%)	肥皂水名稱	發芽照片	發芽顆數	未發芽顆數	綠豆發芽百分率(%)
2.5	好米肥皂		1	100	1
	好茶肥皂		0	100	0
	麗仕肥皂		0	102	0
	無患子肥皂		0	99	0
	綠的藥皂		1	99	1
	雅芳去角質肥皂		2	99	2
	嬰兒肥皂		0	101	0
	抹草潔生皂		0	100	0
	蜂王檀香皂		0	99	0
	水晶肥皂		0	101	0

2. 10種1.2 %肥皂水對綠豆發芽的結果，如下表所示。

表4-3 10種1.2 %肥皂水對綠豆發芽的結果

室溫：16 °C；10種肥皂各配1.2 %肥皂水40 mL，各別培養100顆綠豆72 h。						
濃度 (%)	肥皂水名稱	發芽照片	發芽顆數	未發芽顆數	綠豆發芽百分率(%)	綠豆發芽的影響排序
1.2	好米肥皂		72	28	72	3
	好茶肥皂		34	66	34	9
	麗仕肥皂		31	75	29	10
	無患子肥皂		52	48	52	7
	綠的藥皂		64	36	64	4
	雅芳去角質肥皂		42	56	42	8
	嬰兒肥皂		58	47	55	6
	抹草潔生皂		87	13	87	1
	蜂王檀香皂		76	24	76	2
	水晶肥皂		54	46	54	5

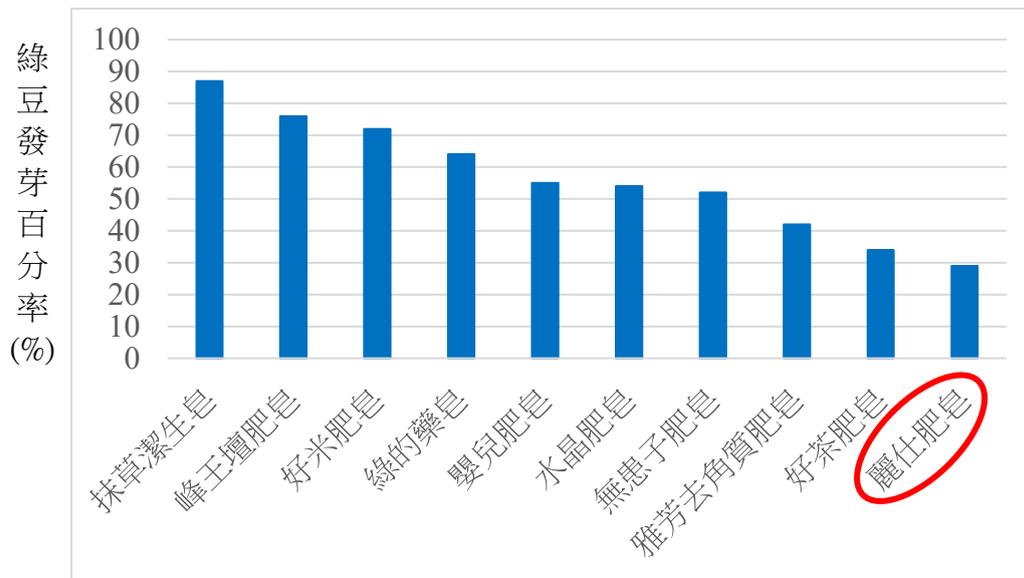


圖4-1 綠豆分別在10種 1.2 %肥皂水中的發芽百分率

#### (四) 實驗討論

1. 由表4-2的實驗結果得知，綠豆發芽數大多為0、少數1~2間，因此可以得知2.5 %肥皂水濃度太濃，導致無法有效鑑別各個肥皂的差異。
2. 由表4-3的實驗結果得知，1.2 %肥皂水濃度可對綠豆發芽的影響進行鑑別，將這10種肥皂對綠豆發芽的影響排序如圖4-1所示，由小至大依序為 ①抹草潔生皂 ②蜂王檀香皂 ③好米肥皂 ④綠的藥皂 ⑤水晶肥皂 ⑥嬰兒肥皂 ⑦無患子肥皂 ⑧雅芳去角質肥皂 ⑨好茶肥皂 ⑩麗仕肥皂。
3. 由於校內洗手台均使用麗仕肥皂，故團隊建議學校停用對綠豆發芽不友善的麗仕肥皂，並建議改選用對綠豆發芽友善的前三名肥皂(①抹草潔生皂 ②蜂王檀香皂 ③好米肥皂)取代。

#### (五) 小結

1. 本研究依前導實驗一的結果，選用麗仕肥皂來進行後續的主題實驗。

### 【前導實驗二：將活性污泥混合液控制在一定範圍內】

#### (一) 實驗說明

1. 以定量的營養源來餵養活性污泥，讓污泥沉降比可以控制在一定範圍內。

#### (二) 實驗步驟

1. 星期一至五與星期六做實驗的到校日，用打氣機連接曝氣石，並將曝氣石放至於曝氣池中讓活性污泥混合液持續曝氣。
2. 到校日早上第一節下課添加2.5 %糖水100 mL於曝氣池中餵養活性污泥，非到校日與星期日則關閉打氣機電源讓曝氣池停止曝氣。

3. 污水處理廠取回當天與主題實驗二、三、五實驗前取1 L活性污泥混合液裝於量桶中靜置沉降30 min，讀取沉澱污泥體積並計算沉澱污泥占混合液的體積百分比，此即為SV<sub>30</sub>污泥沉降比。

(三) 實驗結果，如下表所示。

表4-4 SV<sub>30</sub>污泥沉降比量測結果

主題實驗	SV <sub>30</sub> 污泥沉降比(%)
污水廠取回當天量測	45
主題實驗二	44
主題實驗三	46
主題實驗五-第一天	49
主題實驗五-第二天	47

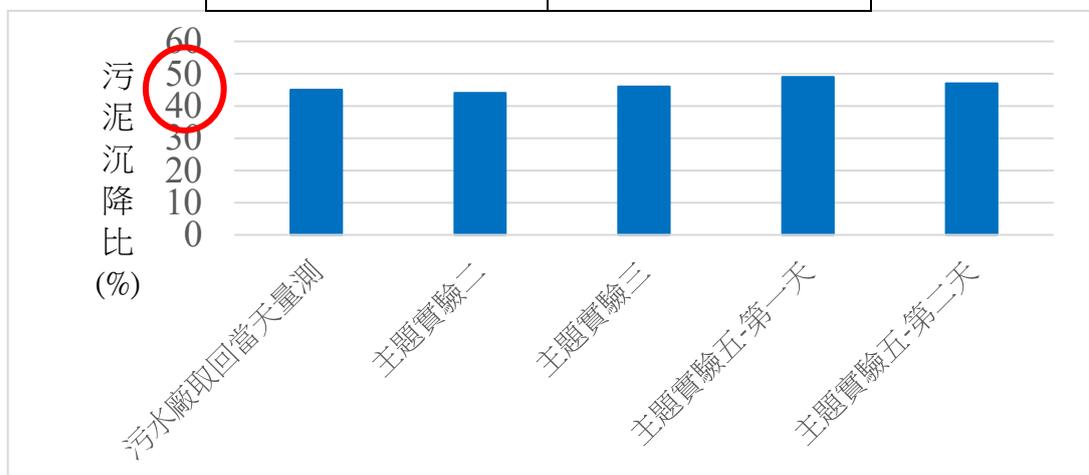


圖4-2 各實驗用活性污泥的SV<sub>30</sub>污泥沉降比

(四) 實驗討論

1. 由表4-4的實驗結果整理成圖4-2，由圖4-2得知，SV<sub>30</sub>污泥沉降比的量測結果皆可控制在40%~50%的範圍內，故本研究的活性污泥混合液是處於穩定狀態。

(五) 小結

1. 本研究活性污泥混合液可控制在SV<sub>30</sub> 40%~50%的範圍內。

## 二、主題實驗

### 【主題實驗一：自來水與肥皂水濃度對綠豆發芽的影響】

(一) 實驗說明

1. 利用前導實驗一的結果，選定對綠豆發芽最不友善的麗仕肥皂進行後續主題實驗。
2. 主題實驗一的實驗變因為肥皂水濃度，故以自來水作為對照組，配製濃度0.3%、0.6%、1.2%、2.5%麗仕肥皂水作為實驗組，觀察其對綠豆發芽的影響，以確認肥皂水濃度幾%開始需要用活性污泥法進行處理。

(二) 實驗步驟，如下表所示。

表4-5 主題實驗一之實驗步驟和照片

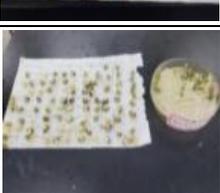
實驗步驟	照片
1. 依表4-1前導實驗一之實驗步驟，重覆步驟2~6，配製度0.3 %、0.6 %、1.2 %、2.5 %濃度之麗仕肥皂水。	
2. 取出培養皿貼上標籤，鋪好經裁剪成圓形的衛生紙(6層)，分別放入100顆綠豆，各別添加自來水及0.3 %、0.6 %、1.2 %、2.5 %之麗仕肥皂水各40 mL至對應培養皿中	
3. 綠豆於室溫生長72 h。	
4. 拍照統計每個培養皿中的綠豆發芽數與量測已發芽長度並記錄，最後計算已發芽的平均長度。	

(三) 實驗結果

1. 自來水與麗仕肥皂水各濃度對綠豆發芽的結果，如下表所示。

表4-6 自來水與麗仕肥皂水各濃度對綠豆發芽的結果

室溫：15°C;自來水作為對照組，麗仕肥皂水作為實驗組各取 0.3 %、0.6 %、1.2 %、2.5 %濃度40 mL，培養100顆綠豆72 h。

組別	名稱	發芽照片	發芽顆數	未發芽顆數	綠豆發芽百分率(%)	綠豆已發芽平均長度(cm)
對照組	自來水		94	2	98	1.3
實驗組 1	0.3 %麗仕肥皂水		98	2	98	1.2
實驗組 2	0.6 %麗仕肥皂水		98	2	98	1.1
實驗組 3	1.2 %麗仕肥皂水		80	20	80	0.4

實驗組 4	2.5 %麗仕 肥皂水		58	42	58	0.3
----------	----------------	---	----	----	----	-----

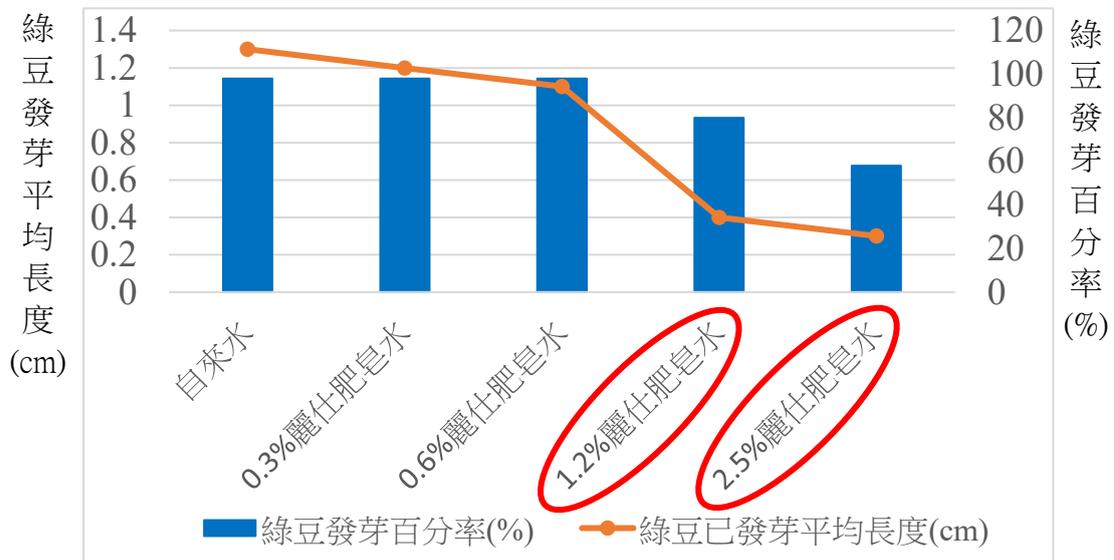


圖4-3 自來水與麗仕肥皂水各濃度對綠豆發芽平均長度與百分率

#### (四) 實驗討論

1. 將表4-6整理成圖4-3，由圖4-3得知，0.3 %、0.6 %的麗仕肥皂水與自來水對綠豆發芽的影響差不多。
2. 圖4-3折線圖於0.6到1.2 %麗仕肥皂水處的下降趨勢很明顯，故得知1.2 %、2.5 %的麗仕肥皂水對綠豆發芽已經產生影響。

#### (五) 小結

1. **0.6 % (含) 以下**的肥皂水可以不用再處理便可以灌溉植物，**1.2 % (含) 以上**的肥皂水開始需要用活性污泥法進行處理後才能灌溉植物。因此本研究依據主題實驗一的結果採用**1.2 %、2.5 %**的麗仕肥皂水，進行主題實驗二的後續實驗。

### 【主題實驗二：肥皂水濃度與加入活性污泥混合液中的比例對綠豆發芽的影響】

#### (一) 實驗說明

1. 本研究目的之一為探討肥皂水處理的原理，透過文獻探討依「活性污泥法」的原理，設計出實驗室小型處理器(如圖2-2)，來進行本研究目的二並找出自製肥皂水處理器之合適的處理條件。
2. 主題實驗二實驗變因為**肥皂水濃度**、**添加比例**，故以自訂的假設比例，**1.2 %**肥皂水以**1:30**曝氣**4 h**作為對照組，**1.2 %**肥皂水以**1:10**曝氣**4 h**、**2.5 %**肥皂水以**1:30**曝氣**4 h**、

2.5 %肥皂水以1:10曝氣4 h作為實驗組，以確認處理後產生的再生水對綠豆發芽之影響。

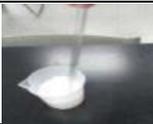
3. 依上述說明整理的實驗條件，如下表所示。

表4-7 主題實驗二之添加肥皂水濃度與肥皂水：活性污泥混合液比例及條件

組別	麗仕肥皂水濃度(%)	肥皂水：活性污泥混合液之體積比	加入肥皂水的體積(mL)	活性污泥混合液的體積( mL)	倒入方式	曝氣時間( h)	沉降時間( min)
對照組	1.2	1:30	30	900	肥皂水從漏斗中倒入	4	30
實驗組1		1:10	90				
實驗組2	2.5	1:30	30				
實驗組3		1:10	90				

(二) 實驗步驟，如下表所示。

表4-8 主題實驗二之實驗步驟和照片

實驗步驟	照片
1. 依表4-1前導實驗一之實驗步驟，重覆步驟 2~6，配製1.2 %與2.5 %濃度之麗仕肥皂水。	
2. 量測活性污泥SV <sub>30</sub> 沉降比後記錄，剩餘倒回曝氣池，取1200 mL的量杯作為曝氣池貼上標籤區別，各裝入活性污泥900 mL，並放入曝氣裝置，將打氣機打氣量開到最小，依表4-7加入對應濃度肥皂水量。	
3. 曝氣4 h。	
4. 沉降30 min後，用滴管吸取中上層再生水至量筒中直到40 mL為止，並進行各組後續種植綠豆實驗。	
5. 取出培養皿貼上標籤，鋪好經裁剪成圓形的衛生紙(6層)，分別放入100顆綠豆，各別添加表4-7各濃度與各比例肥皂水處理後再生水各40 mL至對應培養皿中。	
6. 綠豆於室溫生長72 h。	
7. 拍照統計每個培養皿中的綠豆發芽數與量測已發芽長度後並記錄，然後計算已發芽的平均長度。	

(三) 實驗結果

1. 不同條件下處理麗仕肥皂再生水對綠豆發芽的結果，如下表所示。

表4-9 不同條件下處理麗仕肥皂再生水對綠豆發芽的結果

室溫：16 °C，SV<sub>30</sub>沉降比44 %；1.2 %肥皂水以 1:30 曝氣4 h作為對照組，1.2 %肥皂水以1:10曝氣4 h、2.5 %肥皂水以1:30曝氣4 h、2.5 %肥皂水以1:10 曝氣4 h作為實驗組，各別加入曝氣池曝氣4小時後沉澱30 min，取上方再生水40 mL，各別培養100顆綠豆72 h。

組別	麗仕肥皂水濃度(%)	肥皂水：活性污泥	發芽照片	發芽顆數	未發芽顆數	綠豆發芽百分率(%)	綠豆已發芽平均長度(cm)
對照組	1.2	1:30		97	2	98	1.2
實驗組1		1:10		100	0	100	1.0
實驗組2	2.5	1:30		94	5	95	1.1
實驗組3		1:10		86	14	86	0.9

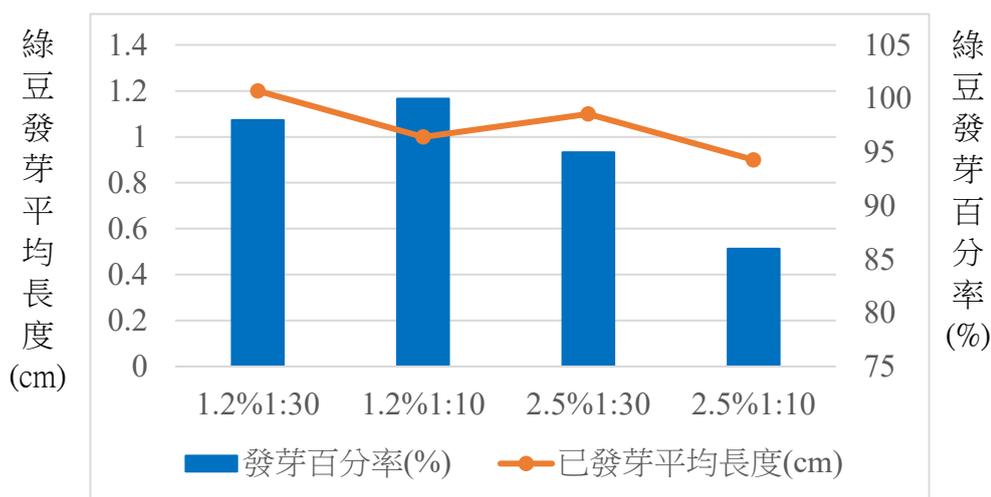


圖4-4 不同條件下處理麗仕肥皂再生水對綠豆發芽平均長度與百分率

#### (四) 實驗討論

- 將表4-9整理成圖4-4，由圖4-4得知1.2 %與2.5 %的麗仕肥皂水在1:30與1:10的比例綠豆已發芽的平均長度差異不大，2.5 %的麗仕肥皂水1:30的比例之發芽百分率優於1:10，因此團隊依原理與自訂的假設比例，驗證出實驗室小型處理器處理肥皂水的合適條件，故本實驗已部分完成研究目的二找出自製處理器其合適的處理條件。

#### (五) 小結

- 0.6 ~ 1.2 %的麗仕肥皂水在1:30 與1:10 的比例皆可被處理。
- 1.2 % ~ 2.5 %的麗仕肥皂水採用1:10 的比例雖然可處理，但1:30的比例處理結果優於1:10 的比例。

### 【主題實驗三：肥皂水加入曝氣池處理時間對綠豆發芽的影響】

#### (一) 實驗說明

1. 由於主題實驗二已完成部分研究目的二，故剩餘部分將由本主題實驗三來完成。
2. 主題實驗三實驗變因為**曝氣時間**。故將主題實驗二之對照組的條件作為本實驗的基礎，並以標準活性污泥法曝氣時間下限**4 h**作為對照組，並以**1 h**與標準活性污泥法曝氣時間上限**8 h**作為實驗組來進行本實驗，以確認處理後產生的再生水對綠豆發芽之影響。
3. 依上述說明整理的實驗條件，如下表所示。

表4-10 主題實驗三之添加肥皂水濃度與曝氣時間及條件

組別	麗仕肥皂水濃度(%)	肥皂水：活性污泥混合液之體積比	加入肥皂水的體積(mL)	活性污泥混合液的體積(mL)	倒入方式	曝氣時間(h)	沉降時間(min)
實驗組1	1.2	1:30	30	900	肥皂水從漏斗中倒入	1	30
對照組						4	
實驗組3						8	

#### (二) 實驗步驟，如下表所示。

表4-11 主題實驗三之實驗步驟和照片

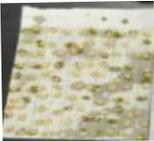
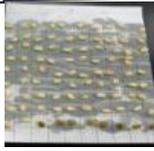
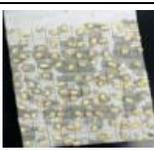
實驗步驟	照片
1. 依表4-1前導實驗一之實驗步驟，重覆步驟 2~6，配製1.2 %濃度之麗仕肥皂水。	
2. 量測活性污泥SV <sub>30</sub> 沉降比後記錄，剩餘倒回曝氣池，取1200 mL的量杯作為曝氣池貼上標籤區別，各裝入活性污泥900 mL，各放入曝氣裝置，將打氣機打氣量開到最小，依表4-10加入對應濃度之肥皂水量。	
3. 依表4-10曝氣時間(4 h作為對照組、1 h、8 h作為實驗組)進行各別曝氣實驗。	
4. 沉降30 min後，用滴管吸取中上層再生水至量筒中直到40 mL為止，並進行各組後續種植綠豆實驗。	
5. 取出培養皿貼上標籤，鋪好經裁剪成圓形的衛生紙(6層)，分別放入100顆綠豆，各別添加表4-10經各處理時間處理後之再生水各40 mL至對應培養皿中。	
6. 綠豆於室溫生長72 h。	
7. 拍照統計每個培養皿中的綠豆發芽數與量測已發芽長度後並記錄，然後計算已發芽的平均長度。	

#### (三) 實驗結果

1. 麗仕肥皂水加入曝氣池曝氣時間對綠豆發芽的結果，如下表所示。

表4-12 1.2 %麗仕肥皂水加入曝氣池的時間對綠豆發芽的結果

室溫：13 °C，SV<sub>30</sub>沉降比 46 %；以1:30的比例，將1.2 %肥皂水加入曝氣池進行曝氣實驗，對照組曝氣4 h、實驗組曝氣1 h、8 h。曝氣後沉澱30 min，取上方再生水40 mL，各別培養100顆綠豆72 h。

組別	曝氣時間(h)	發芽照片	發芽顆數	未發芽顆數	綠豆發芽百分率(%)	綠豆已發芽平均長度(cm)
實驗組1	1		99	1	99	0.6
對照組	4		91	9	91	0.5
實驗組2	8		99	1	99	0.7

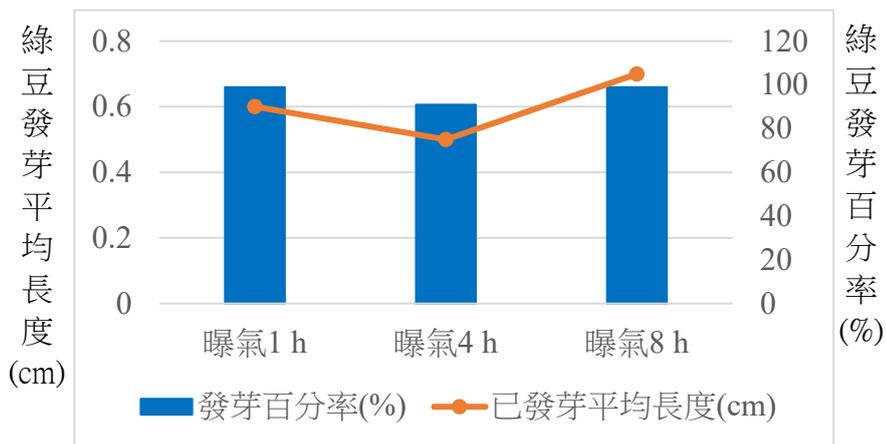


圖4-5 1.2 %麗仕肥皂水加入曝氣池的時間對綠豆發芽平均長度與百分率

表4-13 主題實驗二與主題實驗三對照組之室溫對綠豆發芽的結果

主題實驗組別	室溫(°C)	肥皂水：活性污泥混合液	麗仕肥皂水(%)	曝氣時間(h)	綠豆培養時間(h)	綠豆已發芽平均長度(cm)
實驗二 對照組	16	1:30	1.2	4	72	1.2
實驗三 對照組	13					0.5

#### (四) 實驗討論

- 將表4-12整理成圖4-5，由圖4-5折線圖得知，1 h、4 h、8 h曝氣經綠豆發芽驗證的結果，綠豆已發芽平均長度差異不大，所以曝氣時間建議至少1 h，故本實驗搭配主題實驗二即完成研究目的二找出自製處理器其合適的處理條件。
- 由表4-13 綠豆已發芽平均長度得知，當室溫由16 °C降到13 °C會妨礙綠豆發芽生長，故培養綠豆時溫度最好能維持在穩定的範圍內。

## (五) 小結

1. 肥皂水曝氣時間建議至少1 h。
2. 培養綠豆時溫度最好能維持在穩定的範圍內。

### 【主題實驗四：縮短驗證再生水對綠豆影響的時間】

#### (一) 實驗說明

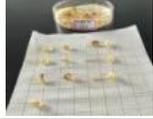
1. 本研究目的三是加速綠豆生長以縮短驗證時間，經「綠豆芽生長環境控制因子與生產模式之研究—生長溫度與生長特性之探討」得知，綠豆芽成長於28℃~33℃可維持較穩定的生長狀態。
2. 主題實驗四之實驗變因為發芽溫度、發芽時間。故將主題實驗一室溫15℃發芽72h作為對照組，主題實驗四之簡易溫室26℃~27℃發芽24h、48h、72h作為實驗組。
3. 依上述說明整理的實驗條件，如下表所示。

表4-14 主題實驗一與主題實驗四之發芽溫度與綠豆發芽時間

主題實驗	組別	發芽溫度(℃)	添加	綠豆發芽時間(h)
實驗一	對照組	室溫 15	自來水	72
實驗四	實驗組1	簡易溫室 26~27		24
	實驗組2			48
	實驗組3			72

#### (二) 實驗步驟，如下表所示。

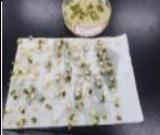
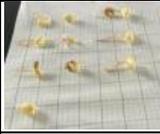
表4-15 主題實驗四之實驗步驟和照片

實驗步驟	照片
1. 取出培養皿貼上標籤，鋪好經裁剪成圓形的衛生紙(6層)，分別放入10顆綠豆，各別添加自來水40 mL至對應24 h、48 h、72 h之培養皿中。	
2. 將培養皿放置於寵物加熱墊上，並放入溫度計於簡易溫室中。	
3. 蓋上保麗龍箱子。	
4. 讓綠豆在26℃~27℃溫室中生長24 h、48 h、72 h。	
5. 經24 h、48 h、72 h後依時間取出培養皿，拍照統計培養皿中的綠豆發芽數與量測已發芽長度後並記錄，然後計算已發芽的平均長度。	

### (三) 實驗結果

1. 室溫15 °C與簡易溫室26 °C~27 °C對自來水培養綠豆發芽各時間結果，如下表所示。

表4-16 室溫15 °C與簡易溫室26 °C~27 °C對自來水培養綠豆發芽各時間結果

簡易溫室：26 °C~27 °C;以自來水40 mL，各別培養綠豆10顆於26 °C~27 °C簡易溫室發芽24 h、48 h、72 h。								
主題 實驗 組別	溫室 (°C)	添加	發芽 時間 (h)	發芽 照片	發芽 顆數	未發芽 顆數	綠豆發 芽百分 率 (%)	綠豆已發 芽平均長 度(cm)
實驗一 對照組	室溫 15	自來 水	72		94	2	98	1.3
實驗四 實驗組1	簡易 溫室 26~27		24		7	3	70	0.9
實驗四 實驗組2			48		10	0	100	1.8
實驗四 對照組			72		10	0	100	5.8

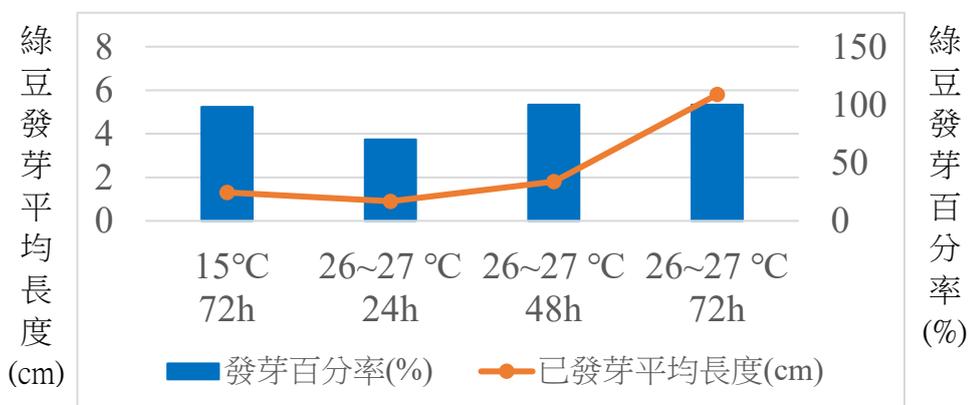


圖4-6 15 °C與26 °C~27 °C各時間對自來水培養綠豆發芽平均長度與百分率

### (四) 實驗討論:

1. 將表4-16整理成圖4-6，由圖4-6折線圖得知，綠豆在26 °C~27 °C簡易溫室成長24 h就能趨近在15 °C室溫成長72 h的綠豆已發芽平均長度。
2. 因此本實驗簡易溫室的溫度26 °C~27 °C已趨近綠豆芽可維持較穩定生長狀態的28°C~33°C，此綠豆生長速度已可滿足本研究的需求，故本實驗可完成研究目的三，縮短驗證時間由3天變為1天。

### (五) 小結

1. 將培養綠豆的溫度控制在26 °C~33 °C間，只需1天就可以對再生水進行驗證。

## 【主題實驗五：班級洗手台產生肥皂水經自製肥皂水處理器處理的結果】

### (一) 實驗說明

1. 將**主題實驗二與三**之實驗室小型處理器所找到的**合適處理條件**，供放大**第一代自製肥皂水處理器原型**測試，所產生再生水與自來水以**主題實驗四**的**條件**進行**驗證**。
2. 本研究第一代自製肥皂水處理器於2022/02/22至02/23，供學校班級試用為期2天。

### (二) 實驗步驟，如下表所示。

表4-17 主題實驗五之實驗步驟和照片

實驗步驟	照片
1. 首先將移動式洗手台放置在學校洗手台旁，並將學校洗手台水龍頭出口用水管接到移動式洗手台水龍頭入口，然後將移動式洗手台的排水水管接到曝氣池(36 L)，曝氣池加入30 L活性污泥混合液，裝上曝氣裝置，再將曝氣池的排水口接到二沉池，二沉池的排水口可用塑膠水龍頭控制，再以普通水桶或灑水器裝再生水灌溉植物。	
2. 在牆上貼好海報，希望大家都可以幫忙實驗順利進行。	
3. 量測活性污泥SV <sub>30</sub> 沉降比後記錄，並取其沉澱後上方清水40 mL，供後續培養綠豆使用，剩餘倒回曝氣池。每一節下課分派兩個組員，並將下課時用肥皂洗手人數控制在4~6人。倒數第二堂下課，關掉打氣機，由二沉池取出處理後產生之再生水40 mL供後續培養綠豆使用，最後一堂下課將沉澱後二沉池上方再生水移除供植物灌溉，再將二沉池沉澱的活性污泥移入曝氣池，供隔日試驗使用。	
4. 取出培養皿貼上標籤，鋪好經裁剪成圓形的衛生紙(6層)，分別放入100顆綠豆，各別添加40 mL之SV <sub>30</sub> 上方清水、2/22處理後產生再生水、2/23處理後產生再生水至對應培養皿中，再將培養皿放入26 °C ~27 °C 簡易溫室中生長24 h。	
5. 經24 h後依時間取出培養皿，拍照統計培養皿中的綠豆發芽數與量測已發芽長度後並記錄，然後計算已發芽的平均長度。	

### (三) 實驗結果

1. 自來水與SV<sub>30</sub>上方清水及班級洗手台經處理再生水對綠豆發芽結果，如下表所示。

表4-18 自來水與SV<sub>30</sub>上方清水及班級洗手台經處理再生水對發芽結果

2/22 SV<sub>30</sub>沉降比 49 %、2/23 SV<sub>30</sub>沉降比 47 %；班級洗手台經同學用肥皂洗手產生的肥皂水，以1:30~1:10的比例排入曝氣池進行曝氣實驗，倒數第二堂下課，關掉打氣機，由二沉池取出上方再生水40 mL，各別培養綠豆100顆於26 °C~27 °C 簡易溫室發芽24 h。

組別	簡易溫室(°C)	發芽時間(h)	發芽照片	發芽顆數	未發芽顆數	發芽百分率(%)	已發芽平均長度(cm)
對照組-以自來水培養綠豆	26~27	24		7	3	70	0.9
實驗組1-以SV <sub>30</sub> 上方清水培養綠豆				95	3	97	1.3
實驗組2-以2/22班級洗手台處理後產生再生水培養綠豆				89	11	89	1.1
實驗組3-以2/23班級洗手台處理後產生再生水培養綠豆				88	12	88	1.1

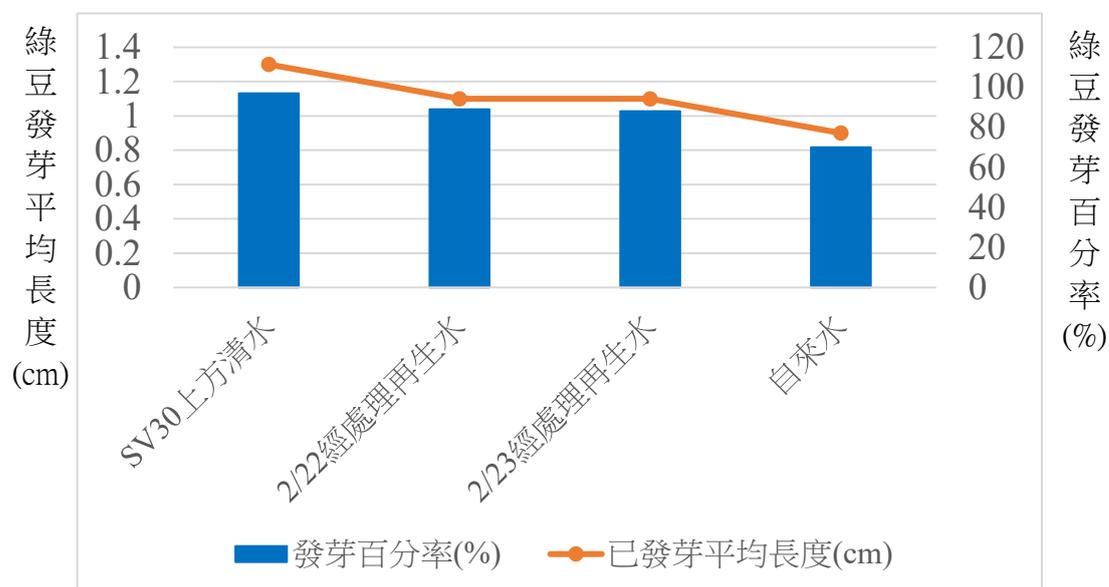


圖4-7 自來水與SV<sub>30</sub>上方清水及班級洗手台經處理再生水對綠豆發芽平均長度與百分率

#### (四) 實驗討論:

- 將表4-18整理成圖4-7，由圖4-7折線圖分析得知，對綠豆發芽長度的影響「活性污泥未處理肥皂水前，經沉澱30min所取得的上方清水」優於「洗手肥皂水經活性污泥處理後產生之再生水」優於「自來水」，經驗證得知**再生水較自來水更有益植物生長**，故

達成本實驗之研究目的四將防疫勤洗手產生的肥皂水經自製處理器處理，供植物灌溉使用，如圖4-8、圖4-9、圖4-10所示。

2. 實驗中回流裝置因為團隊準備的**沉水馬達馬力不足**，故只能緩慢的將二沉池的活性污泥抽回曝氣池效率低，再加上沉水馬達有一定高度的污泥無法抽取，故取消回流裝置，改在實驗結束後**以人工方式**將活性污泥舀回曝氣池。
3. 實驗中發生了**洗手台積水**的問題，如圖4-11，產生的原因為洗手台中的積水處於1大氣壓的環境中，槽中與排水管中的積水無法將曝氣池中的活性污泥混合液頂開，故將排水管後段切斷插入外徑符合原水管內徑之黃色水管，由於黃色水管外部有凹槽設計因此**管內空氣有地方排放**，如圖4-12，故積水問題因此解決。

#### (五) 小結

1. 合適的處理條件為肥皂水濃度 **2.5%(含)以下**，肥皂水: 活性污泥混合液為**1:30~1:10**，且曝氣**至少1 h**，沉澱**30 min**，處理後的再生水經綠豆驗證可供植物灌溉使用。



圖4-8 將再生水灌溉植物



圖4-9 將再生水澆菜



圖4-10 將再生水澆花



圖4-11 洗手台積水排不掉照片



圖4-12 洗手台積水問題改善照片

## 伍、結論

上述主題實驗對應的研究目的均已達成，故將結論彙總如下所示：

- 一、肥皂水濃度在**0.6%(含)以下**者可以不用再處理便可以灌溉植物，**1.2%(含)以上**則開始需要用活性污泥法進行處理後才能灌溉植物。
- 二、本研究自製肥皂水處理器，其**合適的處理條件**為肥皂水濃度**2.5%(含)以下**，肥皂水：活性污泥混合液為**1:30 ~ 1:10**，且曝氣**至少1 h**，沉澱**30 min**。
- 三、經處理的再生水透過綠豆在**26 °C ~ 33 °C**生長**1天**，發芽結果驗證可供植物灌溉使用。

## 陸、未來展望

為了**改善**第一代處理器**佔用空間太大**與**活性污泥回收麻煩**的問題，以及提高班級使用意願，方便未來推廣使用。本團隊的第二代處理器做了相關改善，如表6-1所示，也得到類似的結果，**期望未來可朝污水再生循環機的商品化邁進**，藉此降低自來水使用量為防疫與水循環**永續盡份心力**。

表6-1 自製肥皂水處理器的問題改善對照表

No.	遇到的問題	改良的結果
1.	第一代處理器之曝氣池與二沉池佔用的空間太大。	第二代處理器設計圖與原型，如圖6-1及圖6-2。廢除二沉池，讓曝氣池升級為 <b>曝氣沉澱池</b> 。
2.	二沉池中的活性污泥回收麻煩。	活性污泥 <b>不用離開</b> 曝氣沉澱池，故不需回收。
3.	曝氣沉澱池的排水水龍頭，裝設於30 L的刻度處，導致處理量僅能達到約6 L。	曝氣沉澱池於 <b>10、20 L刻度處增設排水水龍頭</b> ， <b>處理量可提升至約16 L ~ 26 L</b> 。改善後第二代曝氣沉澱池，如圖6-3。排水狀況，如圖6-4所示。

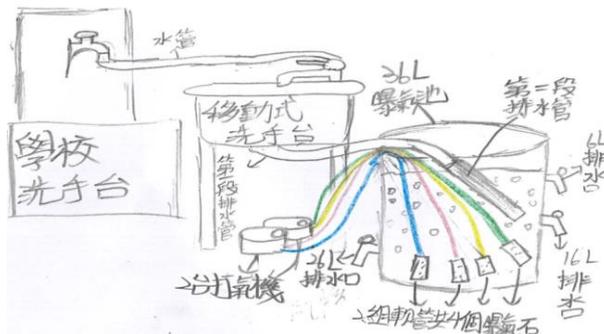


圖6-1 第二代自製肥皂水處理器原型設計圖



圖6-2 第二代自製肥皂水處理器原型裝置圖



圖6-3 改善後第二代曝氣沉澱池



圖6-4 曝氣沉澱池排放再生水狀況

## 柒、參考文獻資料

- 一、中國技術服務社 工業污染防治技術服務團 (1987)・活性污泥操作維護手冊・臺北市 :經濟部工業局。
- 二、吳旻諺、謝雅萱、許王鳳、陳楷閔、藍昱博、陳昱慈 (2011)・污水大變身~讓地球水資源活起來・中華民國第51屆國中小科展作品說明書。
- 三、湯昕芸、陳重元、張迺庭、余浩瑄 (2007)・生態池大考驗：各類污染源對水芙蓉之影響・中華民國第47屆國中小科展作品說明書。
- 四、鄭榮瑞、盛中德(2007)・綠豆芽生長環境控制因子與生產模式之研究— 生長溫度與生長特性之探討・ 農業機械學刊 16， 39-51.。
- 五、康軒文教事業 B (2022)・國小自然與生活科技課本 第八冊 (6下)・新北市：康軒文教事業股份有限公司。

## 【評語】 082916

以肥皂水處理器處理後進行廢水淨化與再利用，讓校園廢水得以活化再利用。實驗架構完整，以科學方法進行實驗設計，且有注意到不同天溫度會有不同，而進行適當的實驗控制。由於研究問題和設計經參考先前研究而擬定的，建議說明或重新思考一些研究問題中實驗組和對照組之”條件範圍”是如何決定。生活中常見的水污染不只肥皂水，雖然主題針對肥皂水，但如果能擴大到生活中各式汗水則更實用，畢竟洗手台不會自動分辨肥皂水與其他生活汗水。另外只利用綠豆生長來判別汗水處理似乎不夠客觀，經過汗水處理後的植物即使能生存，會不會殘留毒素?毒素的測量以綠豆發芽為指標，也稍嫌狹隘，可多增加檢測汗水指標，例如 PH 值、溶氧量等。

## 作品簡報

# 肥皂水處理大作戰

為 防疫 與 水循環永續

盡份心力

科 別：生活與應用科學(二)

組 別：國小組

作品編號：082916



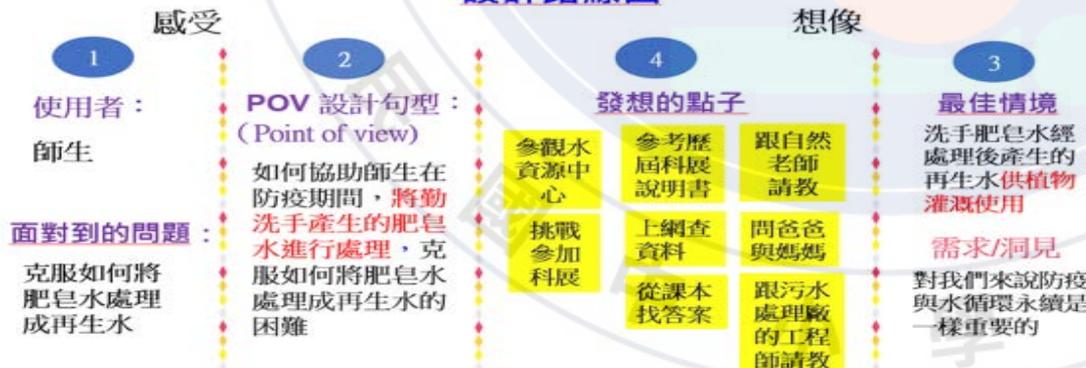
# 研究動機

臺灣在2021年經歷了缺水危機與疫情爆發，因此團隊有了想對水循環永續與防疫盡份心力的想法。

## 人事時地物分析法



## 設計路線圖



聚焦的研究構想為「將防疫勤洗手產生的肥皂水處理後，供植物灌溉使用」。

# 研究目的與研究方法

## 研究問題

## 研究目的

## 研究方法

問題1.要如何才能處理肥皂水呢?

目的1.探討肥皂水處理的原理

參觀污水處理廠與文獻探討，瞭解原理及設計前導實驗

問題2.要如何在實驗室中找到合適的處理條件呢?

目的2.探討自製實驗室處理器與合適的處理條件

主題實驗一、二：肥皂水濃度處理前及其加入活性污泥混合液的比例處理後，對綠豆發芽的影響

肥皂水處理

綠豆發芽驗證實驗



主題實驗三：肥皂水加入曝氣池處理時間對綠豆發芽的影響

問題3.要如何縮短驗證時間呢?

目的3.探討縮短驗證時間的方法

主題實驗四：縮短驗證再生水對綠豆影響的時間

問題4.自製肥皂水處理器能否處理洗手產生的肥皂水呢?

目的4.將防疫勤洗手產生的肥皂水經自製處理器處理，供植物灌溉使用

主題實驗五：班級洗手台產生肥皂水經自製肥皂水處理器處理的結果

# 實驗結果與討論

## 一、要如何才能處理肥皂水呢？

### 1-方法選擇與原理

透過文獻探討，本團隊**摒棄**歷屆作品污水大變身採用的**淨水廠處理法**，而選用**污水廠**常用的「**活性污泥法**」來處理肥皂水。



圖1-7 活性污泥周圍及其組成示意圖

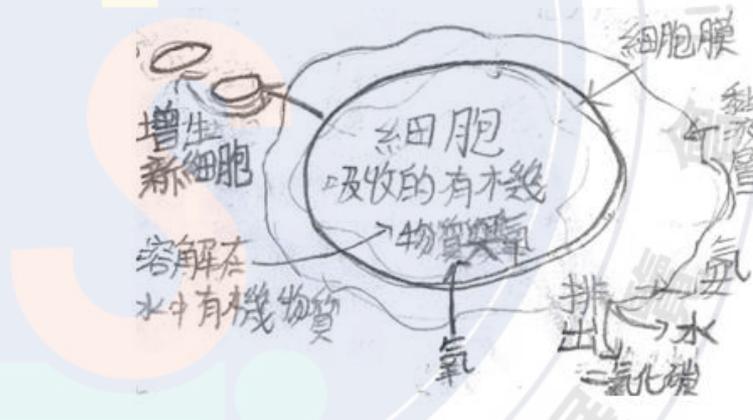


圖1-8 活性污泥法去除有機物之原理

溶於水中的肥皂有機成分透過**細菌與真菌**→**鐘蟲類**之原生動物→**輪蟲類**之後生動物等**食物鏈**的分解清除而達到**淨化**。

# 一、要如何才能處理肥皂水呢？

## 2-設計前導實驗

前導實驗一：找出團隊家中常用肥皂對綠豆發芽影響最大者

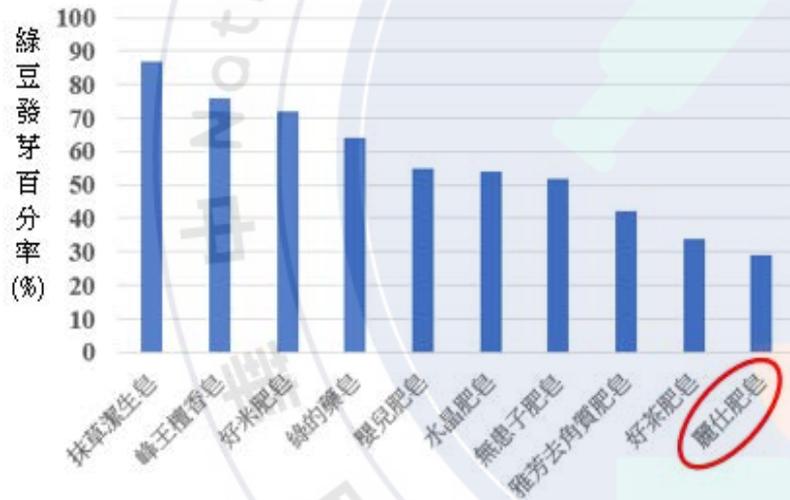


圖4-1 綠豆分別在10種 1.2 %肥皂水中的發芽百分率

小結：依前導實驗一的結果，選用麗仕肥皂來進行後續的主題實驗。

前導實驗二：將活性污泥沈降比控制在一定範圍內

到校日以2.5 %糖水100 mL餵養曝氣池中的活性污泥。

表4-4 SV<sub>30</sub>污泥沈降比量測結果

主題實驗	SV <sub>30</sub> 污泥沈降比(%)
污水廠取回當天量測	45
主題實驗二	44
主題實驗三	46
主題實驗五-第一天	49
主題實驗五-第二天	47

小結：本研究活性污泥混合液可控制在SV<sub>30</sub> 40%~50%的範圍內。

## 二、要如何在實驗室中找到合適的處理條件呢？

### 1-肥皂水多少濃度需處理？

主題實驗一：自來水與肥皂水濃度對綠豆發芽的影響

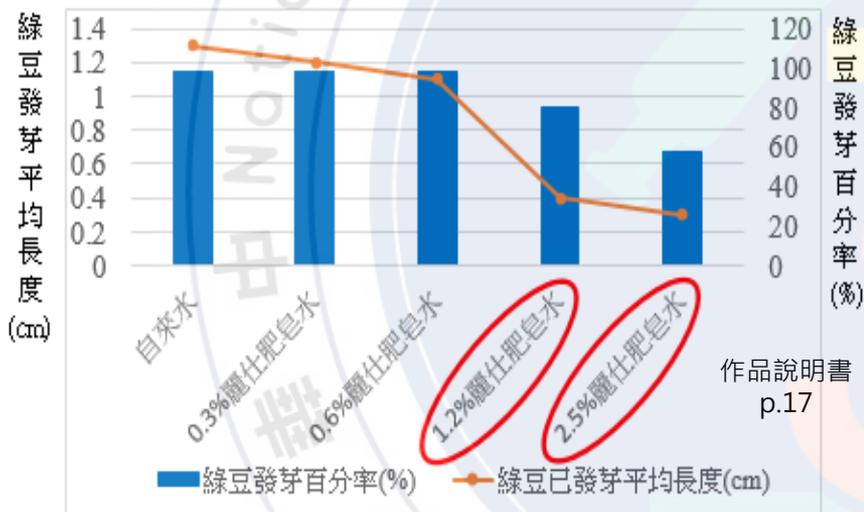


圖4-3 自來水與麗仕肥皂水各濃度對綠豆發芽平均長度與百分率

小結：**0.6%(含)以下肥皂水不需要處理。**  
**1.2%(含)以上肥皂水需要處理。**

### 2-如何自製實驗室處理器？

主題實驗二至三採用的實驗室小型處理器，如圖2-1與2-2



圖2-1 實驗室小型處理器設計圖



圖2-2 實驗室小型處理器裝置圖

## 二、要如何在實驗室中找到合適的處理條件呢？

### 3-濃度與活性污泥混合液的比例

#### 主題實驗二：肥皂水濃度與加入活性污泥混合液中的比例對綠豆發芽的影響

實驗變因：肥皂水濃度、肥皂水：活性污泥混合液的比例。

表4-7 主題實驗二之添加肥皂水濃度與肥皂水：活性污泥混合液比例及條件

組別	麗仕肥皂水濃度(%)	肥皂水：活性污泥混合液之體積比	加入肥皂水的體積(mL)	活性污泥混合液的體積(mL)	曝氣時間(h)	沉降時間(min)
對照組	1.2	1:30	30	900	4	30
實驗組1		1:10	90			
實驗組2	2.5	1:30	30			
實驗組3		1:10	90			

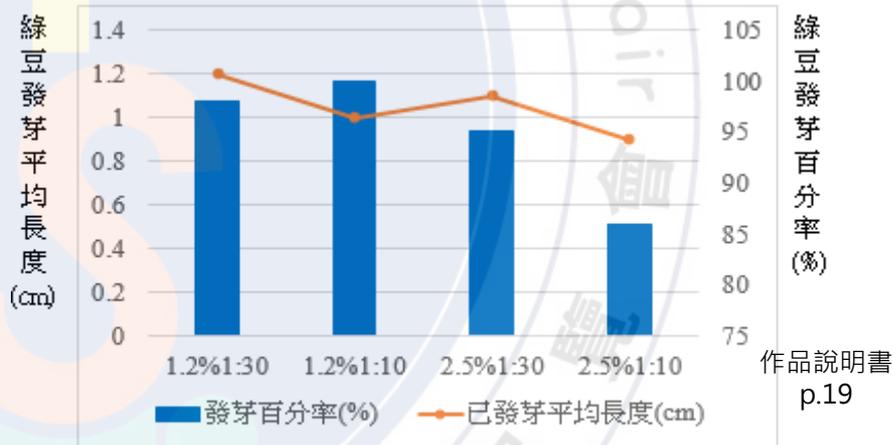


圖4-4 不同條件下處理麗仕肥皂再生水對綠豆發芽平均長度與百分率

小結：0.6 ~ 1.2 %的麗仕肥皂水在1:30 與1:10 皆可被處理。  
1.2 % ~ 2.5 %的麗仕肥皂水採用1:10雖然可處理，但1:30處理結果優於1:10。

## 二、要如何在實驗室中找到合適的處理條件呢？

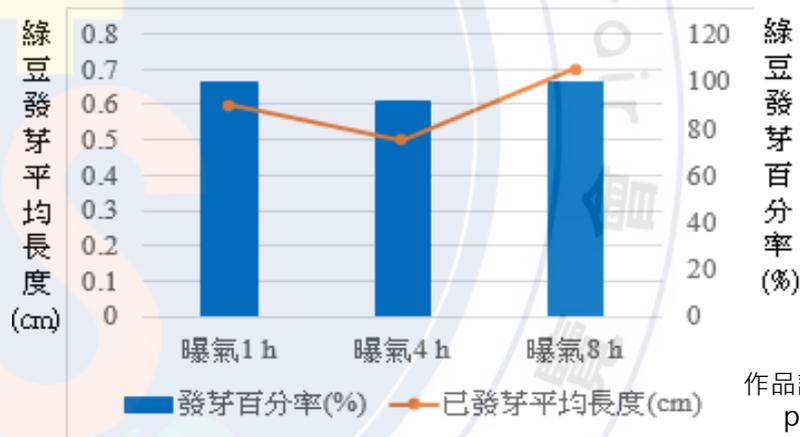
### 4-曝氣池處理時間

#### 主題實驗三：肥皂水加入曝氣池處理時間對綠豆發芽的影響

實驗變因：**曝氣時間**。

表4-10 主題實驗三之添加肥皂水濃度與曝氣時間及條件

組別	麗仕肥皂水濃度(%)	肥皂水：活性污泥混合液之體積比	加入肥皂水的體積(mL)	活性污泥混合液的體積(mL)	曝氣時間(h)	沉降時間(min)
實驗組1					1	
對照組	12	130	30	900	4	30
實驗組3					8	



作品說明書  
p.21

圖4-5 1.2 %麗仕肥皂水加入曝氣池的時間對綠豆發芽平均長度與百分率

小結：肥皂水曝氣時間建議**至少1 h**。

### 三、要如何縮短驗證時間呢？

#### 主題實驗四：縮短驗證再生水對綠豆影響的時間

實驗變因：發芽溫度、發芽時間。

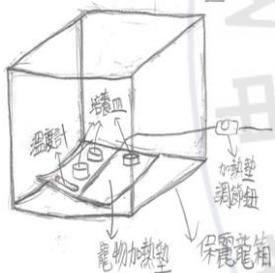


圖2-5 自製簡易溫室設計圖 圖2-6 自製簡易溫室內部 圖2-7 自製簡易溫室外部

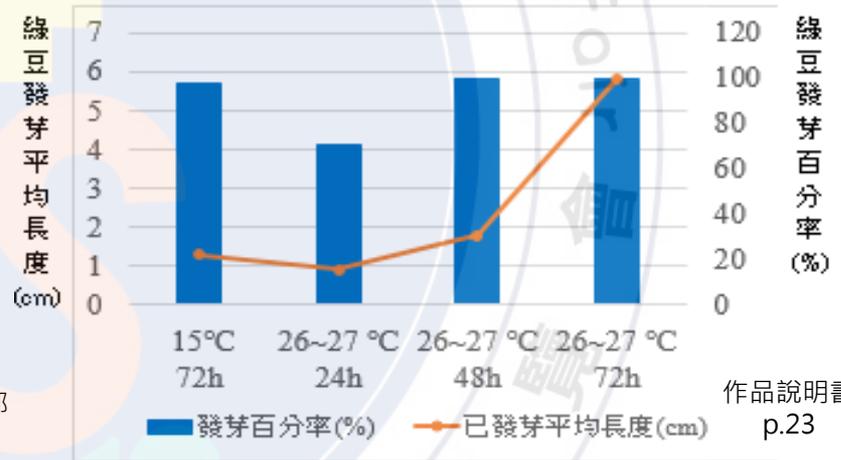


圖4-6 15°C與26°C~27°C各時間對自來水培養綠豆發芽平均長度與百分率

小結：將培養綠豆的溫度控制在26~33°C間，1天就可以對再生水進行驗證。

# 四、自製肥皂水處理器能否處理洗手產生的肥皂水呢？

## 主題實驗五：班級洗手台產生肥皂水經自製肥皂水處理器處理的結果

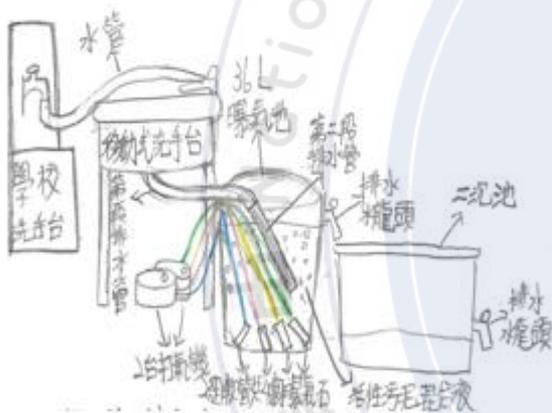


圖2-3 第一代自製肥皂水處理器原型設計圖



圖2-4 第一代自製肥皂水處理器原型裝置圖

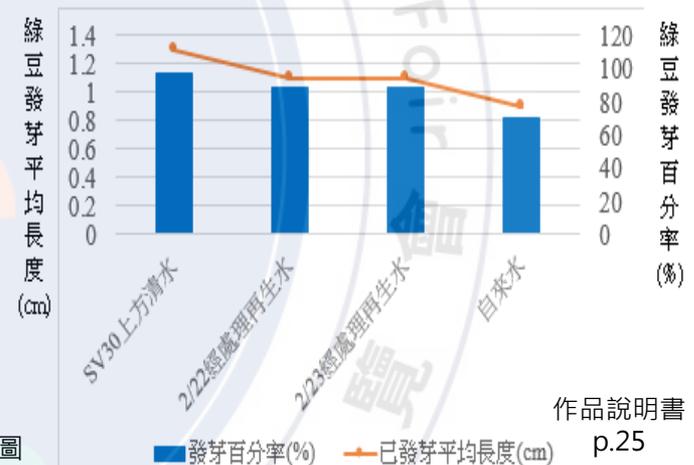


圖4-7 自來水與SV30上方清水及班級洗手台經處理再生水對綠豆發芽平均長度與百分率

小結：經驗證得知處理後的再生水較自來水更有益植物生長，故本研究自製處理器與處理條件產生的再生水，可供植物灌溉使用。

# 結論

- ◎肥皂水濃度在**0.6 % (含) 以下**者不用再處理便可以灌溉植物，**1.2 % (含) 以上**則開始需要用活性污泥法進行處理後才能灌溉植物。
- ◎本研究自製肥皂水處理器的**合適處理條件**：「以**1:30 ~ 1:10**的活性污泥混合液配比可處理**2.5% (含) 以下**肥皂水，曝氣**至少需1 h**，沉澱**30 min**」。
- ◎經處理的再生水透過綠豆在**26 °C ~ 33 °C**生長**1天**，發芽結果驗證可供植物灌溉使用。



# 未來展望



圖2-4 第一代自製肥皂水處理器原型裝置圖

第一代處理器經使用者反饋有**佔用空間太大**與**活性污泥回收麻煩**及**曝氣池處理量僅約6L**的問題，為提高班級使用意願，以及方便未來推廣使用。本團隊的第二代處理器做了相關改善，如表6-1，也得到**類似第一代的結果**。

表6-1 自製肥皂水處理器的問題改善對照表

No.	遇到的問題	改良的結果
1.	第一代處理器之曝氣池與二沉池佔用的空間太大。	第二代處理器設計圖與原型，如圖6-1及圖6-2。廢除二沉池，讓曝氣池升級為 <b>曝氣沉澱池</b> 。
2.	二沉池中的活性污泥回收麻煩。	活性污泥 <b>不用離開</b> 曝氣沉澱池，故不需回收。
3.	曝氣沉澱池的排水水龍頭，裝設於30 L的刻度處，導致處理量僅能達到約6L。	曝氣沉澱池於 <b>10、20L刻度處增設排水水龍頭</b> ，處理量可 <b>提升至約16L~26L</b> 。

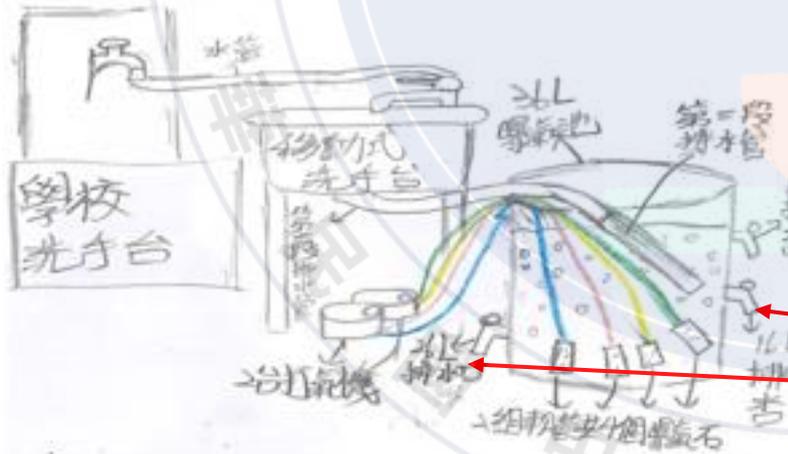


圖6-1 第二代自製肥皂水處理器原型設計圖



圖6-2 第二代自製肥皂水處理器原型裝置圖