

新竹市第四十三屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生活與應用科學(三)科

組 別：國小組

作品名稱：不同水質對小白菜與綠豆芽生長及堆肥土壤的影響

關鍵詞：小白菜、豆芽菜、水質

編 號：114PB-A004

目錄

摘要	1
壹、前言	1
一、研究動機	1
二、研究目的	1
貳、研究設備及器材	2
參、研究過程	4
一、實驗一：水質硬度檢測	4
二、實驗二：第一批小白菜種植	5
三、實驗三：用不同水進行有機堆肥製作	11
四、實驗四：試驗不同水質	13
五、實驗五：種植第一批豆芽菜	15
六、實驗六：第二批小白菜種植	17
七、實驗七：食醋水用於小白菜生長影響	22
八、實驗八：第二批豆芽菜	23
肆、研究結果	27
伍、討論	27
陸、結論	28
柒、參考文獻資料	28

不同水質對小白菜與綠豆芽生長及堆肥土壤的影響

摘要

本研究中，水作為本研究主要探究對象。我們收集生活在臺灣常見三種水源，即自來水、地下水、飲水機作為水質研究對象，並運用陽明交通大學團隊開發的 **DIYGreen** 綠色箱子作為小白菜種植場域，以了解不同水質對小白菜生長是否有所差異。此外，也用不同水質觀察綠豆芽生長狀況，且也用不同水質製作堆肥。經由本次的實驗觀察與研究，我們發現小白菜喜歡富含礦物質、偏酸的水，因此單純用地下水種植的生長較好；堆肥則是香菇組、廚餘組、蛋殼組較好，咖啡組則嚴重影響小白菜生長；食醋水的酸性水澆灌下以 1：500 比例最好；而豆芽菜以自來水與飲水機培育的較好。

壹、前言

一、研究動機

學校長年推行食農教育，校內不僅有食農基地（食物森林），學校的幼兒園、小學部區域亦常見種植箱，甚至班級走廊旁花壇也有種植。

在三年級的自然課時，也有教導相關課程讓我們對種植有初步經驗。這使得種植似乎是容易上手的事情，但 2024 年上半年在觀察了幾週低年級學弟妹在生活課程種植的小白菜盆栽後，我們產生了疑問。

植物生長需要陽光、空氣、土壤與水，根據上網查詢資料可知小白菜的生長需要大量陽光與水，觀察的那幾週可以見到班級每日給水，但小白菜的生長狀況卻停滯不前。三年級的自然課程教導了我們種植的步驟，陽光、水、土壤是種植植物必要環境，是什麼影響小白菜生長？土壤？陽光？水？

在經過討論之後，我們決定將焦點聚於「水」，不同來源的水質是否會影響植物生長？為了方便，我們選擇容易種植的小白菜進行不同水質的植物生長觀察。

此外，考慮臺灣每個地區的主要用水不一定是自來水，在近年環保風潮下，不少家庭會自己製作堆肥，那水質是否也會影響家用堆肥的成效？

最後，作為另外一個水質與植物生長的觀察研究，我們也用不同水進行豆芽菜培養。

二、研究目的

本研究目的是想要了解不同來源的水質對植物生長與製作堆肥的過程中是否會產生生長差異，也是以此回應聯合國 **SDGs17** 項目標第二項目標「確保糧食安全，消除飢餓，促進永

續農業」、第六項「確保所有人都能享有水、衛生及其永續管理」與第十二項目標「促進綠色經濟，確保永續消費及生產模式」。

注重水以及其種植的作物甚至是利用生活中可得的材料進行堆肥，是一種生活永續的態度，也希望透過實驗過程了解種植作物需要注意的地方。

三、文獻回顧

本研究探討的水質、堆肥已有不少研究可供參考，如在〈飲用水 PK 賽-找出好水來〉（2010）針對市面常見包裝飲用水進行綠豆發芽生長關係，該研究發現礦物質越多越能使綠豆發芽成長表現更好；在羅秋雄〈強酸性土壤改良〉提到不同作物對土壤強酸性適應能力各異，作物栽培需要玄則適合的環境以栽種，當然也可以調整種植環境使作物生產更良好；第四十七屆科展研究〈生生不息—探討肥料對菠菜生長及土壤酸化的影響〉（2007）則紀錄了菠菜種植過程中，無論是否施加肥料都對土地產生不同程度了酸化；第四十八屆中小學科展研究〈化腐朽為黑金--廚餘堆肥〉探討了自製有機肥種植小白菜的各方面；第六十三屆中小學科展研究〈叱「渣」風雲-廚房廢渣再利用〉探討了生活廚餘作為堆肥的比例，指出比例不同會影響種植結果；黃郁茹（2018）其論文《不同種類堆肥材料對小白菜生長之探討》指出蛋殼堆肥能使小白菜生長最好。

貳、研究設備及器材

本次研究水質與種植作物（小白菜、豆芽菜）及製作堆肥關係，水質選擇是我們生活常見的自來水、飲水機與地下水進行，簡述如下：

水質：自來水（學校管線）、飲水機（學校開飲機）、地下水（取水地：苗栗縣白沙屯—通霄）。

自來水為日常可得用水，也是校內用來澆灌植物用水。地下水則是作為自然水體，除飲用外亦可用於農業灌溉。飲水機則是經過處理的飲用水，考慮到種植食用蔬菜，使用過濾的水是否會影響生長也是能探討的部份。

堆肥製作材料：乾香菇（過期）、乾廚餘（家用廚餘機產物）、蛋殼、咖啡渣、甲蟲糞便。

下述為本次研究使用的材料。

			
圖 1 小白菜種子（種子行購入）照片為自行拍攝。	圖 2 綠豆種子（全聯購入）照片為自行拍攝。	圖 3 DIYGreen 綠色箱子及其組裝材料。照片為自行拍攝。	圖 4 培養土（DIYGreen 附贈炭培土）。照片為自行拍攝。
			
圖 5 蚓肥 照片為自行拍攝。	圖 6 土壤檢測器 照片為自行拍攝。	圖 7 水質硬度檢測器 照片為自行拍攝。	圖 8 礦物質檢測試劑 照片為自行拍攝。
			
圖 9 P H測試試劑 照片為自行拍攝。	圖 10 鈣鎂測試試劑 照片為自行拍攝。	圖 11 水質檢測試紙 16 合 1 照片為自行拍攝。	圖 12 水質檢測試紙 6 合 1 照片為自行拍攝。
			
圖 13 PH 檢測試紙 照片為自行拍攝。	圖 14 醋 照片為自行拍攝。	圖 15 回收利樂包 照片為自行拍攝。	圖 16 回收利樂包 照片為自行拍攝。



圖 17
電子秤重機。
照片為自行拍攝。

參、研究過程

本次整個實驗過程中，我們主要以觀察為主，並根據研究過程進行不同的實驗思考。我們一共做了八個實驗，實驗內容與過程還有發現如下所述。

一、實驗一：水質硬度檢測

我們經常聽到水可分軟硬水，那水質硬度是否會影響小白菜成長？於是，在種植小白菜之前，我們用水質硬度檢測器分別檢測自來水、地下水與飲水機的水質硬度（圖 18），檢測日期為 2025 年 1 月 2 日，測試出來的數據如下（表 1）：

表 1：水質硬度檢測結果		
水源	ppm	$\mu\text{S}/\text{cm}$
地下水	101	202
自來水	292	405
飲水機	21	42



圖 18
正在操作水質硬度檢測器。
照片為自行拍攝。

水質硬度測試結果可知飲水機用水為軟水，適合人類飲用；地下水則介於軟硬之間；自來水為三者中硬度最大的水。

根據後續兩次小白菜種植的實驗的情況，我們發現地下水澆灌的小白菜生長良好，但其次是飲水機，最後是自來水。

二、實驗二：第一批小白菜種植

種植時間：2025 年 1 月 3 日（種子栽種）～2025 年 2 月 12 日（收成）。

紀錄完水質硬度與電解度之後，我們便開始著手進行第一批小白菜栽種實驗。我們使用陽明交通大學研發，運用毛細作用保持土壤濕度的種植箱子 **DIYGreen** 箱子當作我們種植小白菜的培育箱（圖 18、圖 19、圖 20）。為了確保水質研究，我們將不同水源放入作為支撐的四個寶特瓶中。

以下是我們栽種實驗時的盆土使用的炭培土與蚓肥克數。

無肥組：每盆炭培土 2000 克，一共三盆，種子點播兩次。

蚓肥組：每盆炭培土 1800 克，蚓肥 200 克，一共三盆，種子點播兩次。

雖然查詢網路資料得知小白菜可以全年種植，但因為栽種的時候是在冬天，因此我們還是會擔心小白菜會不會順利抽芽。第一批小白菜原本放置於三樓有陽光的陽台，但是三天後發現仍未發芽，因此移往一樓戶外空間種植，未免蟲害，加蓋紗網保護。



圖 19
學習如何組裝以及點播種子位置。照片為自行拍攝。



圖 20
組裝 **DIYGreen** 箱子。照片為自行拍攝。



圖 21
每次觀察完我們都會蓋上紗網避免蟲害。照片為自行拍攝。

我們紀錄了無肥組在栽種前的土壤數據資料（表 2），如下：

表 2 第一批白菜土壤資訊紀錄：無肥組							
日期	組別	土壤肥力	土壤溼度	土壤酸鹼度	土壤溫度	環境照度	環境濕度
2025/1/3	地下水	3000 μ S/cm	82%	PH 值 6.5	17.0°C	8152LUX	53%
	自來水	3000 μ S/cm	84%	PH 值 6.5	17.0°C	10005LUX	53%
	飲水機	3000 μ S/cm	84%	PH 值 6.5	17.0°C	6200LUX	52%

從這裡我們發現，剛開始種植小白菜的時候，不管水源是哪種，在數據上區別都沒有特別明顯。此外，栽種第一批小白菜時，我們為了想了解不同水質跟植物生長的關係，並無施加肥料，但作為對照，另外設計一組加入蚓肥的版本。我們猜測，有加入肥料的土壤應該更加營養，小白菜的生長或許會更好。而炭培土 1800 克與蚓肥 200 克是依據我們在學習如何組裝 DIYGreen 箱子時觀看的教學影片所提到的土肥比 9：1 而來。

種植的時候在冬天，發芽較須要幾日，我們在 2025 年 1 月 3 日點播種子，2025 年 1 月 6 日因種子遲未發芽又再次點播，於 2025 年 1 月 13 日確認六盆均已發芽。（圖 22、圖 23）



圖 22
2025 年 1 月 13 日早上確認了六盆小白菜都有順利長出葉子。照片為自行拍攝。



圖 23
2025 年 1 月 13 日早上確認了六盆小白菜都有順利長出葉子。照片為自行拍攝。

在種植過程中發現自來水盆的發苗較早，但隨著時間，我們發現自來水的小白菜有枯黃萎縮的情形（圖 24），而地下水盆的小白菜則隨著時間日益茁壯，飲水機的小白菜介於兩者之間。



圖 24
2025 年 1 月 16 日早上觀察到自來水盆小白菜有枯黃萎縮的情形。照片為自行拍攝。

另外，在 2025 年 1 月 16 日觀察中，我們發現加入蚓肥的小白菜普遍都長的比只加水的小白菜矮（圖 25、圖 26、圖 27、圖 28、圖 29、圖 30）。



圖 25
2025 年 1 月 16 日無肥地下水盆組。照片為自行拍攝。









圖 26
2025 年 1 月 16 日無肥自來水盆組。照片為自行拍攝。





圖 27
2025 年 1 月 16 日無肥飲水機盆組。照片為自行拍攝。

		
圖 28 2025 年 1 月 16 日蚓肥地下水盆組。照片為自行拍攝。	圖 29 2025 年 1 月 16 日蚓肥自來水盆組。照片為自行拍攝。	圖 30 2025 年 1 月 16 日蚓肥飲水機盆組。照片為自行拍攝。

2025 年 1 月 20 日我們再度觀察小白菜，發現無肥自來水盆的小白菜萎縮的更加嚴重，從原本的一處，增加到五處（見圖 32）。此外，我們觀察只有地下水的小白菜生長的非常好，其次則是飲水機。而同一天觀察蚓肥組除了發現小白菜生長依舊緩慢之外，也發現蚓肥自來水盆與飲水機盆的小白菜已有一處萎縮不見了（見圖 34、圖 35）。




		
圖 31 2025 年 1 月 20 日無肥地下水盆組。照片為自行拍攝。	圖 32 2025 年 1 月 20 日無肥自來水盆組。照片為自行拍攝。	圖 33 2025 年 1 月 20 日無肥飲水機盆組。照片為自行拍攝。
		
圖 34 2025 年 1 月 20 日蚓肥地下水盆組。照片為自行拍攝。	圖 35 2025 年 1 月 20 日蚓肥自來水盆組。照片為自行拍攝。	圖 36 2025 年 1 月 20 日蚓肥飲水機盆組。照片為自行拍攝。

2025 年 1 月 23 日我們再次觀察了小白菜生長狀況。無肥組與蚓肥組的生長狀況差異極大（見圖 37、圖 38），但我們也發現到在蚓肥組中加入地下水的那盆生長狀況依然較好。

	
<p>圖 37 2025 年 1 月 23 日無肥組。由左至右依序為飲水機、自來水、地下水。 照片為自行拍攝。</p>	<p>圖 38 2025 年 1 月 23 日蚓肥組。由左至右依序為飲水機、自來水、地下水。 照片為自行拍攝。</p>

種植期間正好為春節前後，2025 年的春節假期期間，下了幾波雨，於是 2025 年 2 月 5 日返校觀察小白菜生長狀況時驚訝的發現，原本已經枯黃萎縮的自來水小白菜竟然長勢恢復，這讓我們思考到或許不只是軟水硬水的問題，後經過 PH 試劑測試發現地下水偏酸性，推斷酸性水有利於小白菜成長，這也是第二批小白菜種植實驗中又增加食醋水種植比較的原因。

此外，2025 年 2 月 5 日觀察發現無論是無肥組或蚓肥組，澆灌地下水的小白菜生長狀況明顯優於其他水，這點從 2025 年 2 月 6 日的照片可以明顯看出差異（圖 39、圖 40、圖 41）。

	
<p>圖 39 2025 年 2 月 5 日無肥組。由左至右依序為飲水機、自來水、地下水。 照片為自行拍攝。</p>	<p>圖 40 2025 年 2 月 5 日蚓肥組。由左至右依序為飲水機、自來水、地下水。 照片為自行拍攝。</p>
	
<p>圖 41 2025 年 2 月 6 日無肥組與蚓肥組小白菜生長狀況。由左至右依序為飲水機（無肥組）、自來水（無肥組）、地下水（無肥組）、飲水機（蚓肥組）、自來水（蚓肥組）、地下水（蚓肥組）。照片為自行拍攝。</p>	

雖然我們使用陽明交通大學研發的 DIYGreen 箱子進行種植，但是每週都會再裝 300c.c. 的地下水、自來水、飲水機進行澆灌。

種植過程中，會固定測量每盆的土壤成份，了解在種植小白菜過程中是否有什麼變化。

下列為第一批小白菜實驗時無肥組與蚓肥組的土壤數據，可以注意到土壤酸鹼度都維持在 6.0~7.0，即弱酸性至中性的狀況，但 2025 年 2 月 5 日返校觀察小白菜時，我們又額外紀錄了澆水前後的數值變化，其中我們發現澆水前後 PH 值相差 0.5（藍色區塊與黃色區塊）。

表 3 第一批小白菜土壤資訊紀錄：無肥組

日期	組別	土壤肥力	土壤溼度	土壤酸鹼度	土壤溫度	環境照度	環境濕度
2025/1/10	地下水	935 μ S/cm	76%	PH 值 6.5	9.6°C	12989LUX	51%
	自來水	789 μ S/cm	80%	PH 值 6.0	10.5°C	14376LUX	53%
	飲水機	1042 μ S/cm	74%	PH 值 6.5	12.6°C	13103LUX	52%
2025/1/14	地下水	1 μ S/cm	62%	PH 值 6.0	29.2°C	25500LUX	56%
	自來水	3000 μ S/cm	71%	PH 值 6.0	30.17°C	24900LUX	58%
	飲水機	3000 μ S/cm	72%	PH 值 6.5	31.7°C	23025LUX	62%
2025/1/16	地下水	884 μ S/cm	70%	PH 值 6.5	9.8°C	24850LUX	46%
	自來水	868 μ S/cm	75%	PH 值 6.5	9.8°C	21687LUX	49%
	飲水機	688 μ S/cm	68%	PH 值 7.0	11.7°C	13616LUX	50%
2025/1/20	地下水	3000 μ S/cm	80%	PH 值 6.5	22.6°C	10447LUX	50%
	自來水	3000 μ S/cm	70%	PH 值 7.0	22.6°C	10972LUX	51%
	飲水機	3000 μ S/cm	63%	PH 值 7.0	21.5°C	13122LUX	53%
2025/1/25	地下水	900 μ S/cm	69%	PH 值 6.5	18.0°C	12989LUX	69%
	自來水	2388 μ S/cm	63%	PH 值 6.5	18.1°C	28000LUX	69%
	飲水機	909 μ S/cm	64%	PH 值 6.5	18.5°C	22575LUX	69%
2025/2/5 澆水前	地下水	436 μ S/cm	70%	PH 值 6.5	13.1°C	13888LUX	50%
	自來水	3000 μ S/cm	72%	PH 值 6.0	14.1°C	26375LUX	52%
	飲水機	485 μ S/cm	59%	PH 值 6.5	15.3°C	26775LUX	53%
2025/2/5 澆水後	地下水	573 μ S/cm	78%	PH 值 6.0	12.6°C	17720LUX	41%
	自來水	1623 μ S/cm	77%	PH 值 5.5	13.9°C	25150LUX	43%
	飲水機	599 μ S/cm	73%	PH 值 6.0	17.2°C	24175LUX	42%
2025/2/12 採收後	地下水	57 μ S/cm	60%	PH 值 7.0	18.2°C	9937LUX	82%
	自來水	891 μ S/cm	65%	PH 值 7.0	18.1°C	11032LUX	82%
	飲水機	48 μ S/cm	54%	PH 值 7.0	19.9°C	11374LUX	83%

表 4 第一批小白菜土壤資訊紀錄：蚓肥組

日期	組別	土壤肥力	土壤溼度	土壤酸鹼度	土壤溫度	環境照度	環境濕度
2025/1/10	地下水	935 μ S/cm	76%	PH 值 6.5	9.6°C	12989LUX	51%
	自來水	789 μ S/cm	80%	PH 值 6.0	10.5°C	14376LUX	53%
	飲水機	1042 μ S/cm	74%	PH 值 6.5	12.6°C	13103LUX	52%
2025/1/14	地下水	3000 μ S/cm	81%	PH 值 5.5	28.9°C	21687LUX	52%
	自來水	932 μ S/cm	66%	PH 值 6.0	29°C	25125LUX	52%
	飲水機	120 μ S/cm	72%	PH 值 6.0	28°C	24825LUX	51%
2025/1/16	地下水	3000 μ S/cm	72%	PH 值 6.5	9°C	15497LUX	46%
	自來水	773 μ S/cm	64%	PH 值 6.5	8.7°C	8977LUX	47%
	飲水機	862 μ S/cm	82%	PH 值 6.0	8.7°C	15763LUX	46%

2025/1/20	地下水	3000μS/cm	70%	PH 值 6.5	20.9°C	8295LUX	50%
	自來水	3000μS/cm	77%	PH 值 6.5	22.6°C	12248LUX	51%
	飲水機	3000μS/cm	77%	PH 值 6.5	21.6°C	9052LUX	50%
2025/1/25	地下水	3000μS/cm	63%	PH 值 6.5	18.0°C	26825LUX	70%
	自來水	941μS/cm	70%	PH 值 6.5	17.0°C	18100LUX	70%
	飲水機	3000μS/cm	75%	PH 值 6.5	17.0°C	14984LUX	69%
2025/2/5 澆水前	地下水	3000μS/cm	78%	PH 值 6.0	13.2°C	23675LUX	46%
	自來水	901μS/cm	65%	PH 值 6.5	13.2°C	24450LUX	48%
	飲水機	2639μS/cm	78%	PH 值 6.5	13.2°C	16086LUX	49%
2025/2/5 澆水後	地下水	3000μS/cm	80%	PH 值 5.5	13.2°C	24999LUX	42%
	自來水	816μS/cm	71%	PH 值 6.0	13.7°C	26825LUX	41%
	飲水機	3000μS/cm	76%	PH 值 6.0	13.7°C	25525LUX	42%
2025/2/12 收成後	地下水	1227μS/cm	71%	PH 值 6.5	17.6°C	9345LUX	79%
	自來水	811μS/cm	60%	PH 值 7.0	17.7°C	10975LUX	80%
	飲水機	913μS/cm	70%	PH 值 6.5	18.5°C	5225LUX	82%

2025 年 2 月 12 日我們採收了第一批小白菜，由於第一批種植的時候擔心小白菜生長失敗，因此點播了兩次種子（前後每盆約有 20~25 顆種子），沒有控制到種子的數量（將於第二批小白菜種植時修正），加上在小白菜生長過程中有自然枯黃萎縮的情形，因此每盆收穫的數量完全不同，但是從外觀上也可以發現在不同水質中小白菜生長狀況確實有所差異，這點也展現在收成之後的重量與葉長。下表（表 5、表 6）是我們收成時紀錄的無肥組與蚓肥組小白菜葉長資料。

表 5 小白菜無肥組收成葉長與重量紀錄						
收成編號	無肥飲水機小白菜		無肥自來水小白菜		無肥地下水小白菜	
	葉長 (cm)	重量 (g)	葉長 (cm)	重量 (g)	葉長 (cm)	重量 (g)
1	21.5	42	14.5	13	25	24
2	25.3	41	20.9	14	25.5	48
3	21.8	31	14.2	5	27	54
4	22.5	33	8	1	25	53
5	21.2	24	14	4	22	31
6	22.7	12	12.5	3	20.5	29
7	19.5	18	14.5	7	20	18
8	19.7	11	18	11	20	18
9	17.8	6	19.4	14	18.7	13
10	15.5	10			19.5	7
11	14.7	7			15.5	8
12	12.9	3			16	7
13	13.5	3			14.5	3
14	12.4	2			14.5	4
15	15.7	6				
16	9.6	2				
17	13	4				
18	11.3	2				
19	13.3	7				

20	14.7	6				
21	13.7	3				
22	12.5	3				
總重量	364.8	276	136	72	283.7	317
平均	16.58	12.55	15.11	8	20.26	22.64

表 6 小白菜蚓肥組收成葉長與重量紀錄						
收成編號	蚓肥飲水機小白菜		蚓肥自來水小白菜		蚓肥地下水小白菜	
	葉長 (cm)	重量 (g)	葉長 (cm)	重量 (g)	葉長 (cm)	重量 (g)
1	14.8	8	14.5	6	17	8
2	19.8	18	18	15	13	8
3	16	10	12.7	6	20.5	16
4	20.5	26	19	19	18	12
5					17.5	8
6					15.5	13
7					14	3
8					19.3	12
9					15.3	10
10					22	12
11					19.5	12
12					24.2	33
13					19	5
總重量	71.1	62	64.2	46	234.8	152
平均	17.78	15.5	16.05	11.5	18.06	11.69

第一批小白菜收成的結果讓我們非常意外，特別是有加入蚓肥的小白菜生長狀態與我們一開始的設想不同，因為我們從日常生活接收到的訊息，要種好植物就需要有肥料，因此我們原本認為有加入蚓肥的小白菜應該要生長的比較好，但結果是沒有加入肥料只有加入水的小白菜組生長狀況優良，從而引發了我們的思考，如果我們自己製作堆肥，並用不同的水去進行研究呢？於是就有了跟水質有關的自製堆肥實驗。

三、實驗三：用不同水進行有機堆肥製作

製作時間：2025 年 1 月 15 日～2025 年 2 月 25 日。

在第一批小白菜種植之後，我們討論到不同來源的水是否也會影響堆肥的這個事情，肥料有化學肥料與有機肥料，我們便從自製有機肥料著手，但材料要從哪些地方著手？參考了歷屆科展報告，以及組員們的個人經驗（咖啡渣改善花園土壤）或者經常聽到的傳言（蛋殼可以讓植物生長的更好），因此我們打算從家裡現有的廚餘材料下手。我們總共收集了過期的乾香菇、曬乾的蛋殼與咖啡渣、家用廚餘機產出的乾料，最後是自然教室的甲蟲糞便。

土肥比例按照 3：1 進行堆肥，因收集到的乾材料只有 85 克，故每層土壤為 225 克，一

層堆肥材料一層培養土，總共堆了 8 層，堆完後灑水使其堆肥溼潤（600 克的水）後置於戶外進行發酵。

		
圖 42 使用平板上網搜尋堆肥製作相關的資料。照片為自行拍攝。	圖 43 將過期的乾香菇用剪刀剪成小塊。照片為自行拍攝。	圖 44 按照土肥比例進行堆肥製作。照片為自行拍攝。

本次堆肥使用有底孔的園藝花盆，並置於水溝蓋上，方便發酵過程時液肥排出。另外，用蓋子將蓋住遮光使其順利發酵。由於時間緣故，放置於戶外進行發酵，並每週翻堆一至二次。製作堆肥時段為一月，偶有下雨，因此翻土過程中偶有一兩個堆肥花盆長出幾朵菇。

	
圖 45 定期翻動土壤與堆肥。照片為自行拍攝。	圖 46 定期翻動土壤與堆肥。照片為自行拍攝。
	
圖 47 定期翻動土壤與堆肥。照片為自行拍攝。	圖 48 翻動結束後蓋上蓋子，並用磚塊壓。照片為自行拍攝。

在堆肥過程中我們也想知道堆肥土壤的土壤狀況，因此在 2025 年 1 月 24 日進行紀錄（表 7）。

表 7 自製堆肥土壤資訊紀錄								
日期	組別	水	土壤肥力	土壤溼度	土壤酸鹼度	土壤溫度	環境照度	環境濕度
2025/1/24	廚餘	地下水	3000 μ S/cm	72%	PH 值 7.5	18.3 $^{\circ}$ C	22725LUX	67%
		自來水	3000 μ S/cm	70%	PH 值 7.5	17.7 $^{\circ}$ C	14186LUX	66%
		飲水機	3000 μ S/cm	61%	PH 值 6.5	19.0 $^{\circ}$ C	27950LUX	68%
2025/1/24	香菇	地下水	3000 μ S/cm	68%	PH 值 7.0	18.7 $^{\circ}$ C	15573LUX	68%
		自來水	3000 μ S/cm	66%	PH 值 7.0	17.7 $^{\circ}$ C	10614LUX	67%
		飲水機	3000 μ S/cm	68%	PH 值 7.5	17.7 $^{\circ}$ C	11450LUX	67%

2025/1/24	咖啡	地下水	3000 μ S/cm	70%	PH 值 6.5	18.0°C	26850LUX	64%
		自來水	3000 μ S/cm	66%	PH 值 7.0	18.0°C	29375LUX	65%
		飲水機	3000 μ S/cm	64%	PH 值 7.0	18.2°C	27500LUX	63%
2025/1/24	蛋殼	地下水	3000 μ S/cm	78%	PH 值 7.5	18.3°C	24375LUX	63%
		自來水	3000 μ S/cm	65%	PH 值 7.5	19.6°C	28400LUX	63%
		飲水機	3000 μ S/cm	78%	PH 值 7.5	18.1°C	10652LUX	61%

※甲蟲糞便堆肥此時尚未製作。

我們發現發酵過程中，堆肥的土壤的酸鹼度維持在 6.5~7.5 之間。

2025 年 2 月 6 日寒假前返校後，注意到教室的飼養雞母蟲（甲蟲）糞便量足夠使用，想起老師提到學校的食物森林區域的管理班級所種的木瓜，原來是利用班上學生家裡產出的甲蟲糞便調整土壤性質讓木瓜樹順利成長，其果實也十分香甜，除了小朋友喜歡，我們也看到松鼠會去啃食木瓜。同時我們也討論到不少飼養甲蟲的家庭也會將糞便撒在菜園或花盆中，因此我們決定再增加甲蟲糞便堆肥（圖 49、圖 50、圖 51、圖 52）。



圖 49
正在撿拾甲蟲糞便。照片為自行拍攝。



圖 50
收集來的甲蟲糞便。照片為自行拍攝。



圖 51
利用工具按照土肥比例秤重。照片為自行拍攝。



圖 52
將不同水澆灌堆肥盆。照片為自行拍攝。

四、實驗四：試驗不同水質

四年級的時候自然課在學習水生植物課程時，老師帶領我們去過學校附近的溼地進行實際踏查，其中老師指著池子的筊白筍提到筊白筍好吃與否仰賴水質優良與否。

於是我們思考飲水機、自來水、地下水，這三種水有沒有更加細緻的區別呢？第一批小白菜的種植前的水質硬度的檢測中，我們已經知道三種水的軟硬狀況，但除了軟水

與硬水，水中的某些物質應該也是影響小白菜成長的關鍵。

因此我們準備了幾種試劑來進行測試，分別是水質檢測試紙 6 合 1（見圖 12）、水質檢測試紙 16 合 1（見圖 11）、礦物質檢測試劑（見圖 8）、鈣鎂測試試劑（見圖 10）、P H 檢測試劑（見圖 9）、P H 檢測試紙（見圖 13）。

我們檢測紀錄如下（表 8、表 9、表 10）：

表 8PH 檢測試紙	
水質	PH
地下水	8
自來水	6
飲水機	6

表 9 水質檢測試紙 6 合 1						
水質	氯/溴 (ppm)	PH 值 (ppm)	鹼度 (ppm)	總氯 (ppm)	總硬度 (ppm)	氰尿酸 (ppm)
地下水	0	6.2	0	0	50	0
自來水	0	6.8	80	0	250	30
飲水機	0	6.2	0	0	0	0

表 10 水質檢測試紙 16 合 1																
水質	P H (ppm)	硬度 (ppm)	硫化 氫 (ppm)	鐵 (ppm)	銅 (ppm)	鉛 (ppm)	錳 (ppm)	總 氯 (ppm)	餘 氯 (ppm)	硝 酸 鹽 (ppm)	亞 硝 酸 鹽 (ppm)	硫 酸 鹽 (ppm)	鋅 (ppm)	氟 (ppm)	鹽 (ppm)	總 鹼 (ppm)
地下水	6.2	150	0	0	0	5	0	0	0	10	0	200	0	0	0	0
自來水	7.8	250	0	0	0	5	0	0	0	10	0	400	0	0	40	80
飲水機	6.2	25	0	0	0	5	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0

使用試紙進行水質檢驗發現自來水偏向鹼性，飲水機與地下水偏向酸性。硬度方面，自來水大於地下水，地下水大於飲水機。

接著，我們又用試劑檢測，紀錄如下。（圖 53、圖 54、圖 55、表 11、表 12、表 13）

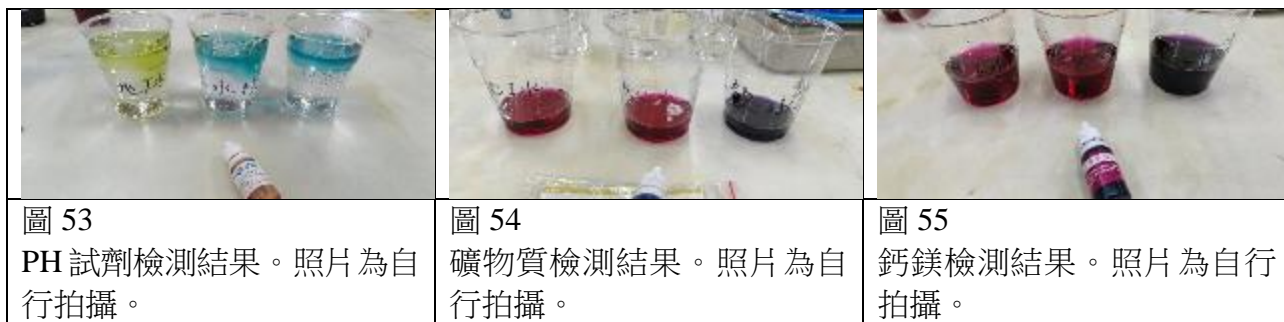


圖 53
PH 試劑檢測結果。照片為自行拍攝。

圖 54
礦物質檢測結果。照片為自行拍攝。

圖 55
鈣鎂檢測結果。照片為自行拍攝。

表 11：PH 檢測試劑

水質	黃色（酸性）	綠色（中性）	藍色（鹼性）
地下水	v	x	x
自來水	x	x	v
飲水機	x	x	v

表 12：礦物質檢測試劑

水質	藍色（無）	紅色（有）
地下水	x	v
自來水	x	v
飲水機	v	x

表 13：鈣鎂測試試劑







水質	藍色（無）	紅色（有）
地下水	x	v
自來水	x	v
飲水機	v	x

從檢測結果我們知道自來水與地下水有礦物質跟鈣鎂，而 PH 值顯示地下水中性偏酸，飲水機與自來水都偏鹼性。我們發現這三種水的水質中含有的物質不同，似乎解答了使用不同水確實能讓小白菜的生長產生出差異。因此我們便思考，單純用水來種植作物的話，情況又會如何？而我們想到的測試就是用不同的水進行豆芽菜種植。

五、實驗五：種植第一批豆芽菜

實驗時間：2025 年 2 月 12 日（種子栽種）～2025 年 2 月 21 日（收成）。

我們認為用不同水質培育綠豆芽也會有所不同，且由於種植第一批小白菜的經驗，我們一開始預期地下水的綠豆芽會長的比較好。2025 年 2 月 12 日我們將回收並晾乾的萬丹鮮乳牛奶盒（圖 15）用美工刀進行加工，在盒子的底部與頂部的尖端斜切出一小開口，並在盒身上劃下幾刀，這些都是方便我們用來培育綠豆芽。

		
圖 57 2025 年 2 月 14 日綠豆發芽狀況，此為地下水版本。照片為自行拍攝。	圖 58 2025 年 2 月 14 日綠豆發芽狀況，此為飲水機版本。照片為自行拍攝。	圖 59 2025 年 2 月 14 日綠豆發芽狀況，此為自來水版本。照片為自行拍攝。
		
圖 60 2025 年 2 月 21 日開盒給豆芽菜秤重。照片為自行拍攝。	圖 61 依照豆芽菜長度排序。照片為自行拍攝。	圖 62 紀錄豆芽菜長度。照片為自行拍攝。

第一批豆芽菜使用 50 顆品項飽滿的綠豆（圖 2），2025 年 2 月 12 日早上我們先將挑選出來的綠豆泡水催芽，中午時再倒入已經加工完成的牛奶盒中，此後每天兩次換水。

其中遇到週末，我們再分工合作各自帶幾盒與水回家照顧。

因為是冬天，所以第一批豆芽菜我們種植十天。第十天時（2025 年 2 月 21 日）開盒紀錄豆芽菜的長度（表 14、表 15、表 16）。

表 14 地下水綠豆芽（總重量：22 g）									
編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)
1	3	11	6.5	21	7	31	6.5	41	7
2	2	12	6	22	7.5	32	6.5	42	7.5
3	7.5	13	6	23	6.5	33	6	43	8.3
4	4.5	14	6	24	6.5	34	8.5	44	6.5
5	5.5	15	6	25	6.5	35	8	45	8.5
6	3	16	5	26	7	36	8	46	
7	5	17	6.5	27	6.5	37	6.5	47	
8	3.5	18	4.5	28	7	38	5	48	
9	4	19	6	29	6	39	6.5	49	
10	6	20	7	30	8	40	6	50	

地下水培養的綠豆芽的豆芽長度平均為 6.16cm。

表 15 自來水綠豆芽（總重量：25 g）									
編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)
1	10	11	9	21	8	31	6	41	8
2	7	12	8	22	4.5	32	8	42	4

3	9	13	6	23	9	33	8	43	8
4	7	14	9	24	10	34	7	44	5
5	7	15	9	25	9.5	35	9	45	8
6	9	16	8	26	7	36	7	46	7.5
7	3	17	8	27	6	37	8	47	
8	6	18	7	28	7	38	8.7	48	
9	4	19	5	29	7	39	8	49	
10	9	20	4.5	30	6	40	7	50	

自來水培養的綠豆芽的豆芽長度平均為 7.29cm。

表 16 飲水機綠豆芽（總重量：24 g）									
編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)
1	7	11	4	21	7	31	6	41	6
2	8	12	7.5	22	6.5	32	7	42	8
3	6.5	13	5	23	7	33	6.5	43	9
4	4	14	6.5	24	8	34	6.5	44	3.5
5	6	15	5.5	25	7	35	6.5	45	8
6	8	16	5.5	26	7.5	36	6	46	7
7	7	17	6	27	6	37	8.5	47	6
8	8	18	6.5	28	6.5	38	7	48	8
9	4	19	5.5	29	1	39	8	49	7
10	7.5	20	7.5	30	7	40	8.5	50	

飲水機培養的綠豆芽的豆芽長度平均為 6.5cm。

第一批豆芽菜種植中，我們發現自來水的豆芽菜長度優於飲水機的豆芽菜長度，飲水機的豆芽菜長度優於地下水的豆芽菜長度。

六、實驗六：第二批小白菜種植

實驗時間：2025 年 2 月 27 日（種子栽種）～2025 年 3 月 21 日（最後觀察日）。

第二批小白菜的種植盒加入了製作完成的堆肥，在原有的堆肥土中再加入 500g 的炭培土，由於第一批小白菜顯示加入蚓肥的實驗組並未使小白菜成長較好，我們討論之後認為不用再按照影片資料所說將肥料置於箱子八分滿，而是採取攪拌的方式混合土壤與堆肥土。

第二批小白菜箱子共有 21 盆，分別是無肥組、蚓肥組、咖啡組、糞便（甲蟲）組、蛋殼組、廚餘組、香菇組。我們想再次確認小白菜在無肥狀況下的生長狀況以及蚓肥是否不利於小白菜生長。

堆肥實驗在 2025 年 2 月 24 日陸續結束，我們也陸續將堆肥完成的土壤與培養土混合。2025 年 2 月 26 日我們測量了混合好堆肥的土壤的各項數值（表 17）。

表 17：自製堆肥土壤資訊紀錄

日期	組別	水	土壤肥力	土壤溼度	土壤酸鹼度	土壤溫度	環境照度	環境濕度
2025/2/26	廚餘	地下水	824 μ S/cm	52%	PH 值 7.0	16.3°C	719LUX	86%
		自來水	825 μ S/cm	54%	PH 值 7.0	16.3°C	721LUX	86%
		飲水機	676 μ S/cm	52%	PH 值 7.0	17.3°C	688LUX	85%
2025/2/26	香菇	地下水	3000 μ S/cm	62%	PH 值 6.5	19.0°C	46300LUX	55%
		自來水	3000 μ S/cm	68%	PH 值 6.0	20.4°C	39500LUX	53%
		飲水機	989 μ S/cm	52%	PH 值 7.0	16.3°C	620LUX	87%
2025/2/26	咖啡	地下水	797 μ S/cm	53%	PH 值 6.5	16.3°C	610LUX	87%
		自來水	609 μ S/cm	52%	PH 值 6.5	16.3°C	729LUX	85%
		飲水機	567 μ S/cm	53%	PH 值 6.5	16.3°C	649LUX	87%
2025/2/26	蛋殼	地下水	853 μ S/cm	55%	PH 值 7.0	16.3°C	713LUX	86%
		自來水	574 μ S/cm	54%	PH 值 6.5	16.3°C	674LUX	86%
		飲水機	898 μ S/cm	52%	PH 值 7.0	16.3°C	721LUX	87%
2025/2/26	甲蟲糞便	地下水	922 μ S/cm	50%	PH 值 7.0	15.7°C	617LUX	72%
		自來水	798 μ S/cm	55%	PH 值 7.0	16.3°C	590LUX	85%
		飲水機	835 μ S/cm	56%	PH 值 6.5	16.3°C	730LUX	84%

同樣我們也紀錄了無肥組與蚓肥組第二批種植前的土壤資訊，如下表 18、表 19 所列。

表 18：第二批小白菜土壤資訊紀錄：無肥組

日期	組別	土壤肥力	土壤溼度	土壤酸鹼度	土壤溫度	環境照度	環境濕度
2025/2/26	地下水	578 μ S/cm	70%	PH 值 6.5	19.6°C	15649LUX	81%
	自來水	851 μ S/cm	78%	PH 值 6.5	18.0°C	16162LUX	79%
	飲水機	527 μ S/cm	70%	PH 值 7.0	16.5°C	12248LUX	81%

表 19：第二批小白菜土壤資訊紀錄：蚓肥組

日期	組別	土壤肥力	土壤溼度	土壤酸鹼度	土壤溫度	環境照度	環境濕度
2025/2/26	地下水	884 μ S/cm	78%	PH 值 6.5	16.9°C	14718LUX	81%
	自來水	853 μ S/cm	73%	PH 值 7.0	18.4°C	10557LUX	78%
	飲水機	845 μ S/cm	77%	PH 值 6.5	19.8°C	14832LUX	82%

2025 年 2 月 27 日我們點播了第二批小白菜。因為種植在戶外，雖然我們用紗網蓋住，但小白菜依然有蟲咬狀況。

2025 年 3 月 5 日我們再次紀錄了土壤數據，發現環境濕度相當的高。

表 20：第二批小白菜種植土壤資訊紀錄

日期	組別	水	土壤肥力	土壤溼度	土壤酸鹼度	土壤溫度	環境照度	環境濕度
2025/3/5	廚餘	地下水	3000 μ S/cm	70%	PH 值 6.5-7.5	13.6°C	8805LUX	75%
		自來水	2494 μ S/cm	70%	PH 值 7.0	14.6°C	8160LUX	77%
		飲水機	3000 μ S/cm	85%	PH 值 7.0-7.5	14.5°C	8467LUX	75%
2025/3/5	香菇	地下水	3000 μ S/cm	64%	PH 值 7.5	13.6°C	8242LUX	74%
		自來水	782 μ S/cm	59%	PH 值 7.0-7.5	14.6°C	8647LUX	76%
		飲水機	3000 μ S/cm	71%	PH 值 6.5-7.5	13.6°C	8242LUX	75%

2025/3/5	咖啡	地下水	823 μ S/cm	62%	PH 值 7.0-7.5	14.5°C	10455LUX	75%
		自來水	750 μ S/cm	73%	PH 值 7.0-7.5	14.5°C	8797LUX	79%
		飲水機	922 μ S/cm	82%	PH 值 7.0-7.5	14.2°C	12088LUX	74%
2025/3/5	蛋殼	地下水	1768 μ S/cm	91%	PH 值 7.0-7.5	13.7°C	9195LUX	74%
		自來水	932 μ S/cm	86%	PH 值 7.0-7.5	13.8°C	8325LUX	79%
		飲水機	2811 μ S/cm	90%	PH 值 7.0-7.5	13.8°C	12191LUX	75%
2025/3/5	甲蟲糞便	地下水	943 μ S/cm	81%	PH 值 7.5	13.6°C	11488LUX	75%
		自來水	1953 μ S/cm	87%	PH 值 6.5-7.0	14.4°C	14908LUX	76%
		飲水機	887 μ S/cm	84%	PH 值 7.0-7.5	14.7°C	12381LUX	75%
2025/3/5	蚓肥	地下水	464 μ S/cm	81%	PH 值 6.5	14.6°C	13540LUX	75%
		自來水	688 μ S/cm	87%	PH 值 6.5	14.6°C	15345LUX	75%
		飲水機	692 μ S/cm	82%	PH 值 6.5	14.5°C	22187LUX	75%
2025/3/5	無肥	地下水	712 μ S/cm	98%	PH 值 6.0-6.5	13.9°C	10899LUX	75%
		自來水	614 μ S/cm	99%	PH 值 6.0-7.0	14.1°C	9465LUX	81%
		飲水機	378 μ S/cm	91%	PH 值 6.5	13.4°C	10027LUX	79%

在小白生長情況中我們注意到了一個非常明顯的區別，觀察發現用咖啡渣製作的堆肥土小白菜發芽的速度較其他組別都來的慢。咖啡組的小白菜的生長速度甚至比不加肥料的小白菜組長的更慢，而香菇組與廚餘組的小白菜生長狀況十分良好。

2025 年 3 月 21 日最後一次觀察小白菜與紀錄小白菜土壤資訊，我們發現這時候 PH 值大多在 6.0 至 7.0 之間，

表 21 第二批小白菜種植土壤資訊紀錄

日期	組別	水	土壤肥力	土壤溼度	土壤酸鹼度	土壤溫度	環境照度	環境濕度
2025/3/21	廚餘	地下水	847 μ S/cm	85%	PH 值 6.0	23.7°C	3164LUX	13%
		自來水	900 μ S/cm	68%	PH 值 6.5	24.7°C	4164LUX	13%
		飲水機	935 μ S/cm	76%	PH 值 6.5	23.4°C	7164LUX	16%
2025/3/21	香菇	地下水	856 μ S/cm	60%	PH 值 7.0	23.8°C	7364LUX	12%
		自來水	885 μ S/cm	65%	PH 值 7.0	23.6°C	7064LUX	12%
		飲水機	843 μ S/cm	61%	PH 值 6.5	24.2°C	6264LUX	15%
2025/3/21	咖啡	地下水	771 μ S/cm	61%	PH 值 6.5	22.4°C	5464LUX	12%
		自來水	798 μ S/cm	66%	PH 值 6.5	24.7°C	6864LUX	14%
		飲水機	748 μ S/cm	64%	PH 值 6.5	22.1°C	6464LUX	14%
2025/3/21	蛋殼	地下水	926 μ S/cm	77%	PH 值 6.5	22.1°C	4264LUX	16%
		自來水	662 μ S/cm	62%	PH 值 6.5	25.2°C	6264LUX	16%
		飲水機	883 μ S/cm	63%	PH 值 6.5	23.8°C	7864LUX	18%
2025/3/21	甲蟲糞便	地下水	789 μ S/cm	58%	PH 值 6.5	22.3°C	5764LUX	18%
		自來水	828 μ S/cm	58%	PH 值 6.5	21.4°C	3164LUX	16%
		飲水機	895 μ S/cm	68%	PH 值 6.5	20.6°C	4564LUX	16%
2025/3/21	蚓肥	地下水	294 μ S/cm	61%	PH 值 6.0	23.4°C	7364LUX	16%
		自來水	288 μ S/cm	58%	PH 值 6.5	22.5°C	4964LUX	17%
		飲水機	344 μ S/cm	60%	PH 值 6.5	21.6°C	63300LUX	14%

2025/3/21	無肥	地下水	267 μ S/cm	60%	PH 值 6.5	22.8 $^{\circ}$ C	3164LUX	16%
		自來水	363 μ S/cm	63%	PH 值 6.0	25.2 $^{\circ}$ C	2764LUX	15%
		飲水機	137 μ S/cm	53%	PH 值 6.5	25.2 $^{\circ}$ C	3864LUX	17%

第二批的小白菜種植生長狀況不如預期，將第一批種植時的數據與第二批種植的數據對比，發現第二批環境濕度明顯高於第一批（高約 20~30%），同時在第二批種植過程中，土壤一直會有香菇冒出（但不是每一盆都會冒出香菇），查詢網路資料得知是因為濕度過高導致的狀況。儘管生長不如預期，但觀察下來我們從 2025 年 3 月 21 日的生長狀況可以明顯發現區別。以全部七組的生長情況中，我們發現香菇組的小白菜長的最好，其次是蛋殼組與廚餘組，接著是甲蟲糞便組、蚓肥組、無肥組，小白菜長的最差的是咖啡組。

各組之間也因水質不同產生差異，無肥組則以地下水（圖 63）的小白菜長的最好，飲水機（圖 65）長的最差；蚓肥組的小白菜則不管哪種水（圖 66、圖 67、圖 68）都差不多；廚餘組長的最好的小白菜是地下水（圖 69）與自來水（圖 70），飲水機（圖 71）反而相對矮小；香菇組中，用飲水機（圖 74）灌溉的小白菜長勢較地下水（72 圖）、自來水（圖 73）好；咖啡組的小白菜則是全部都很差（圖 75、圖 76、圖 77）；蛋殼組中自來水組小白菜（圖 79）長的最好，其次依序是飲水機（圖 80）、地下水（圖 78）；甲蟲糞便組中小白菜長最好的反而是飲水機（圖 83），其次才是地下水（圖 81）與自來水（圖 82）。







		
圖 63 2025 年 3 月 21 日無肥地下水盆組。照片為自行拍攝。	圖 64 2025 年 3 月 21 日無肥自來水盆組。照片為自行拍攝。	圖 65 2025 年 3 月 21 日無肥飲水機盆組。照片為自行拍攝。
		
圖 66 2025 年 3 月 21 日蚓肥地下水盆組。照片為自行拍攝。	圖 67 2025 年 3 月 21 日蚓肥自來水盆組。照片為自行拍攝。	圖 68 2025 年 3 月 21 日蚓肥飲水機盆組。照片為自行拍攝。

		
圖 69 2025 年 3 月 21 日廚餘地下水盆組。照片為自行拍攝。	圖 70 2025 年 3 月 21 日廚餘自來水盆組。照片為自行拍攝。	圖 71 2025 年 3 月 21 日廚餘飲水機盆組。照片為自行拍攝。
		
圖 72 2025 年 3 月 21 日香菇地下水盆組。照片為自行拍攝。	圖 73 2025 年 3 月 21 日香菇自來水盆組。照片為自行拍攝。	圖 74 2025 年 3 月 21 日香菇飲水機盆組。照片為自行拍攝。
		
圖 75 2025 年 3 月 21 日咖啡地下水盆組。照片為自行拍攝。	圖 76 2025 年 3 月 21 日咖啡自來水盆組。照片為自行拍攝。	圖 77 2025 年 3 月 21 日咖啡飲水機盆組。照片為自行拍攝。
		
圖 78 2025 年 3 月 21 日蛋殼地下水盆組。照片為自行拍攝。	圖 79 2025 年 3 月 21 日蛋殼自來水盆組。照片為自行拍攝。	圖 80 2025 年 3 月 21 日蛋殼飲水機盆組。照片為自行拍攝。

		
圖 81 2025 年 3 月 21 日甲蟲糞便 地下水盆組。照片為自行拍 攝。	圖 82 2025 年 3 月 21 日甲蟲糞便 自來水盆組。照片為自行拍 攝。	圖 83 2025 年 3 月 21 日甲蟲糞便 飲水機盆組。照片為自行拍 攝。

第二批小白菜各組生長比較如下（表 22）：

表 22 第二批小白菜種植生長比較							
組別	無肥	蚓肥	廚餘	香菇	咖啡	蛋殼	甲蟲糞便
地下水	v	v	v	v	x	x	x
自來水	x	x	v	v	x	v	x
飲水機	x	x	x	v	x	v	v

我們觀察發現，種植小白菜使用地下水澆灌的話普遍會長的比較好，但再加上有機肥料作為變因，就會發現更細緻的差異，也說明不是每種肥料都可以一視同仁的使用於種植作物，像是在食農教育常見的蚓肥就不一定適合小白菜的生長，而家庭常有的蛋殼、廚餘機的乾料就非常適合小白菜，香菇廚餘則較為特殊，我們發現它經過堆肥處理之後非常適合種植小白菜，然而並非每個家庭都會過期乾香菇可以使用，不過可以提供處理過期乾香菇的一個方法。

七、實驗七：食醋水用於小白菜生長影響

實驗時間：2025 年 2 月 27 日（種子栽種）～2025 年 3 月 21 日（最後觀察日）。






實驗只用炭培土 2000 克，沒有額外添加肥料。

由於第一批小白菜的結果以及檢驗地下水、自來水與飲水機的結果引起我們思考酸性的水是否可以促進小白菜生長？為了確認這個想法，我們在第二次的種植實驗中加入了另外一組實驗食醋水用於小白菜澆灌的影響，我們想了解加入酸性水是否可以讓小白菜生長的更好。

這個實驗只使用自來水，因為我們在種植第一批的時候發現用自來水澆灌的小白菜生長的最差，因此要用於改善這個狀況。

我們將醋水依照 1：100；1：200；1：300；1：400；1：500 進行調製，並將六盆小白菜依照添加食醋有無的比例分為 0 號組（不添加食醋水）、1 號組（醋水比例 1：100）、2 號組（醋水比例 1：200）、3 號組（醋水比例 1：300）、4 號組（醋水比例 1：400）、5

號組（醋水比例 1：500），實驗過程中總共灑了三次在小白菜上，並觀察是否有促進其生長。在 2025 年 3 月 21 日最後一次觀察中，我們發現醋水 1：500 比例的小白菜生長（見圖 89）的最好，而 0 號組～4 號組之間區別卻不是很大。

					
圖 84 2025 年 3 月 21 日小白菜食醋水 0 號組。照片為自行拍攝。	圖 85 2025 年 3 月 21 日小白菜食醋水 1 號組。照片為自行拍攝。	圖 86 2025 年 3 月 21 日小白菜食醋水 2 號組。照片為自行拍攝。	圖 87 2025 年 3 月 21 日小白菜食醋水 3 號組。照片為自行拍攝。	圖 88 2025 年 3 月 21 日小白菜食醋水 4 號組。照片為自行拍攝。	圖 89 2025 年 3 月 21 日小白菜食醋水 5 號組。照片為自行拍攝。

八、實驗八：第二批豆芽菜



種植時間：2025 年 3 月 3 日～2025 年 3 月 12 日（收成）

第二批豆芽菜一樣使用回收利樂包進行培育，這次我們使用了九個利樂包盒子，並將每個盒子進行編號，每盒放置 50 顆綠豆，並用不同水浸泡半日後依序放入利樂包中。

自來水組：A-1、A-2、A-3。

飲水機組：B-1、B-2、B-3。

地下水組：C-1、C-2、C-3。

	
圖 90 2025 年 3 月 12 日將盒子打開進行豆芽菜長度測量。照片為自行拍攝。	圖 91 2025 年 3 月 17 日將豆芽菜放到學校花壇中。照片為自行拍攝。

相較於第一批豆芽菜生長情況，在第二批豆芽菜培育過程中，以飲水機培育的豆芽菜長度最佳，其次是自來水，最後則是地下水。

有關第一批與第二批培育綠豆芽的結果竟然有不同，我們思考其中的原因。兩次實驗都使用相同的綠豆種子，但是用來培育綠豆芽的利樂包的盒子尺寸不同，原先第一批我們使用萬丹鮮乳 936ml 毫升尺寸（見圖 16），第二批使用的是便利商店常見的 375 毫升至 400 毫升尺寸（見圖 17），相比於第一批使用的利樂包，第二批使用的利樂包縮小約二分之一的尺寸。我們討論後，認為應該是尺寸改變影響了第二批豆芽菜飲水機育苗的結果。

之後，3 月 12 日紀錄完後，我們繼續把綠豆苗放在盒子中，到 3 月 17 日我們將第二批實驗的豆芽菜放置於學校走廊的花壇中已經過了五天，這五天當中並未進行每日換水，我們發現在這五天中，自來水組的豆芽菜依舊持續生長，但地下水與飲水機的豆芽菜生長較慢且有些氣味，自來水組則無這個情況。（圖 91）

表 23A-1 自來水綠豆芽（總重量：31 g）									
編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)
1	6.7	11	9	21	7.5	31	7.2	41	9
2	7	12	7	22	5	32	5	42	6.2
3	10	13	3	23	10	33	5.9	43	6
4	6	14	4.5	24	7.8	34	7	44	9.2
5	7	15	7.5	25	7.8	35	7.9	45	7
6	8.5	16	5	26	8	36	8	46	6
7	6.2	17	7	27	6.5	37	7	47	8
8	7	18	7.2	28	6	38	6.8	48	2
9	7	19	7	29	6.5	39	7.2	49	未發芽
10	6.5	20	8	30	7	40	6.7	50	未發芽

A-1 自來水綠豆芽長度平均為 6.9cm

表 24A-2 自來水綠豆芽（總重量：29 g）									
編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)
1	13	11	8.3	21	7.7	31	11.9	41	8
2	9	12	10	22	6	32	8	42	8.5
3	8.3	13	9	23	7	33	6.8	43	3
4	6.1	14	7.6	24	8	34	7	44	2.5
5	5.8	15	8.5	25	6	35	6	45	8.9
6	7.4	16	8.3	26	7	36	9.5	46	7.5
7	5.8	17	9	27	7.2	37	7	47	8
8	12	18	4.5	28	7	38	5	48	4
9	9.1	19	8	29	8.6	39	8	49	7.6
10	8.2	20	8.2	30	7	40	7.5	50	未發芽

A-2 自來水綠豆芽長度平均為 7.6cm

表 25A-3 自來水綠豆芽（總重量：24 g）									
編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)
1	5.8	11	6	21	5	31	2	41	5
2	6.2	12	5.8	22	6.3	32	6	42	8
3	7	13	7	23	8	33	3	43	7.7
4	8	14	4.3	24	5	34	5	44	5.3
5	7	15	4.3	25	8	35	5	45	4.8
6	4.8	16	5.9	26	5.7	36	6.7	46	2
7	4.8	17	7.3	27	3	37	4	47	8
8	8	18	5	28	2	38	1	48	未發芽

9	7.7	19	5.1	29	5	39	2	49	未發芽
10	7.5	20	5.3	30	7	40	5	50	未發芽

A-3 自來水綠豆芽長度平均為 5.49cm

表 26B-1 飲水機綠豆芽 (總重量 : 26 g)									
編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)
1	11	11	9.5	21	6	31	5.5	41	10
2	12.5	12	9.9	22	11	32	9.5	42	6.5
3	10	13	7	23	9	33	10	43	5.5
4	7	14	6.5	24	5.5	34	7.5	44	8.5
5	7.5	15	8	25	10	35	12	45	9.5
6	11	16	10	26	6.5	36	8	46	9.5
7	13.5	17	8.5	27	10	37	7	47	0.3
8	11	18	8	28	8	38	6	48	1.2
9	10	19	9.5	29	13	39	7	49	未發芽
10	8.5	20	8	30	10.5	40	11	50	未發芽

B-1 飲水機綠豆芽長度平均為 8.56cm

表 27B-2 飲水機綠豆芽 (總重量 : 28 g)									
編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)
1	12	11	8.5	21	8	31	4	41	1.9
2	6.5	12	7	22	7	32	8	42	6
3	12	13	7.5	23	6	33	11	43	7
4	7.5	14	8.5	24	6	34	12	44	8.5
5	8	15	4	25	5	35	4.5	45	8
6	7	16	7	26	11	36	6.5	46	8
7	12	17	9.5	27	7.5	37	13.5	47	7
8	10.5	18	9	28	6.5	38	7	48	9
9	5	19	7	29	6.4	39	6	49	6
10	9	20	8	30	7	40	7	50	2.5

B-2 飲水機綠豆芽長度平均為 7.5cm

表 28B-3 飲水機綠豆芽 (總重量 : 24 g)									
編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)
1	6	11	7	21	5.5	31	4.5	41	7.5
2	7	12	3.5	22	5.5	32	7	42	6.5
3	6	13	5	23	5.5	33	6.5	43	5.5
4	6	14	9	24	6.5	34	8	44	6
5	8	15	5	25	5	35	1.5	45	6.5
6	6	16	7	26	7.5	36	5	46	5
7	6	17	6	27	4	37	8	47	3.5
8	4.5	18	6	28	7	38	6	48	未發芽
9	4.5	19	7	29	3	39	6	49	未發芽
10	8.5	20	6	30	4	40	6	50	未發芽

B-3 飲水機綠豆芽長度平均為 7.46cm

表 29C-1 地下水綠豆芽 (總重量 : 25 g)

編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)
1	6	11	6	21	9	31	8	41	13
2	8	12	8	22	6	32	3	42	8
3	7	13	6	23	9	33	7	43	7
4	8	14	4.5	24	8	34	8	44	7
5	8	15	7	25	6.5	35	7	45	5.5
6	8	16	8	26	8.5	36	7	46	11
7	8	17	9	27	3.5	37	5	47	11
8	12	18	8.5	28	5.5	38	9	48	7
9	8	19	8.5	29	8.5	39	6	49	6
10	6	20	7	30	7	40	8.5	50	6

C-1 地下水綠豆芽長度平均為 5.88cm

表 30C-2 地下水綠豆芽 (總重量 : 28 g)

編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)
1	9	11	10.5	21	7.5	31	8	41	7
2	8	12	7	22	6	32	7	42	9
3	6	13	4	23	5	33	8	43	5
4	7	14	6	24	6	34	9	44	6
5	6	15	7.5	25	5.5	35	6	45	6
6	8	16	5	26	7	36	7.5	46	10
7	6	17	6	27	10	37	9	47	9
8	6.5	18	6	28	7.5	38	8	48	8
9	8	19	7	29	6	39	9	49	7
10	8	20	6.5	30	7	40	7	50	12.5

C-2 地下水綠豆芽長度平均為 7.27cm

表 31C-3 地下水綠豆芽 (總重量 : 20 g)

編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)	編號	豆芽菜長度 (cm)
1	8	11	7	21	5	31	4	41	0.5
2	8	12	8	22	6.5	32	6.5	42	6
3	6	13	6	23	7	33	6	43	5
4	6	14	10.5	24	8	34	3	44	未發芽
5	10	15	6	25	5.5	35	4	45	未發芽
6	5	16	6.5	26	6	36	6	46	未發芽
7	11	17	6	27	5.5	37	7	47	未發芽
8	9	18	6	28	5	38	6	48	未發芽
9	8	19	7	29	4	39	5	49	未發芽
10	7	20	5	30	6	40	7	50	未發芽

C-3 地下水綠豆芽長度平均為 6.29cm

肆、研究結果

本次研究發現：

- 1、在硬度上，飲水機軟於地下水，地下水軟於自來水。
- 2、在第一批小白菜種植上，無蚓肥組優於有蚓肥組，且於第二次播種後出現一樣的情況，可以說明蚓肥不一定有利於小白菜的生長。
- 3、在本次實驗中，澆灌自來水的盆栽幼苗先抽芽，地下水的飲水機較後，但隨著時間，我們發現以地下水澆灌的無肥組與蚓肥組長勢均良好，而自來水發生過葉黃枯萎情形。這個情形在蚓肥組也有發生過（地下水、自來水、飲水機均有）。
- 4、不同堆肥發酵結束後土壤的酸鹼性大多偏向鹼性。
- 5、第一批小白菜種植期間正值冬雨時期，發現原本發黃萎縮的小白菜在雨後長勢良好，因此注意到偏酸的水可能有利小白菜的生長。
- 6、第二批小白菜生長時由於環境濕度過高所以長的不是很快，但透過不同堆肥的狀況可以明顯看出區別。這讓我們了解不是所有有機肥料都適合小白菜生長。
- 7、利用不同水質培育豆芽菜發現自來水與飲水機都能使豆芽菜生長良好。
- 8、土壤濕度兩次並無明顯差異，但是環境濕度兩次種植時兩次相差很大，同時在第二批小白菜種植期間，我們發現堆肥土壤長出許多香菇，我們推測環境濕度造成大量的菇類也有可能影響到小白菜生長速度。
- 9、我們發現不同堆肥與水質確實有影響小白菜生長發育，甚至在同天播種同樣的堆肥中，由於水質不同的情況下，小白菜生長狀況也會有明顯不同。
- 10、在研究加入醋酸水的小白菜生長狀況中，我們發現醋水比例 1：500 的小白菜長的比其他都要好。

伍、討論

環境變遷之下的韌性農業議題益發重要，但是種植作物除了種子、土壤之外，水質也是需要考慮的要素之一。

從這次的探究我們發現到，過去我們常會聽到所謂的土壤酸化、土壤鹼化是由於過度使用肥料，但我們種植後發現，即使我們不施加肥料，在戶外狀況下，種植小白菜的過程也會讓土壤酸化。

此外雨水本身也是造成酸化因素，我們在種植小白菜的幾個月中遭遇過幾次下雨，

從大雨後測量的土壤數值發現原本偏鹼性、中性的土壤改為偏酸性。

然而雨水也讓原本枯黃萎縮的小白菜重新生長起來，這讓我們十分意外。也引發我們思考酸性水改善小白菜生長的探究。

陸、結論

種植作物看起來是一個很簡單的事情，但是需要處理的方面卻遠比想像的多，水質、土壤酸鹼度甚至是堆肥材料的選用，不單只是將種子種到土壤澆水就能成功，這當中還有許多需要思考的地方。

這次我們種植小白菜不僅解答了我們之前觀察低年級學弟妹種植蔬菜時產生的疑問，也讓我們了解不僅是土壤，水質也會影響植物生長，但可以透過微調，如生長過程加入酸性水、肥料等改善水或者土壤植物生長的更好。

柒、參考文獻資料

李學一、李宛蓁。化腐朽為黑金--廚餘堆肥。中華民國第四十八屆中小學科學展覽會作品。

曾嘉韋、張瀨文、黃千祐、洪嘉翎、申洛榛、陳亞澤。好咖來找茶-卡好的植物有機肥。中華民國第 49 屆中小學科學展覽會作品。

黎冠廷、林宸緯、林鈺淮、張丞廷、陳昀恩、藍予彤。叱「渣」風雲-廚房廢渣再利用。中華民國第 63 屆中小學科學展覽會作品。

張博雅、吳佳晏、謝秉融、黃崇瑋。生生不息—探討肥料對菠菜生長及土壤酸化的影響。中華民國第四十七屆中小學科學展覽會作品。

黃郁茹（2018）。不同種類堆肥材料對小白菜生長之探討（未出版之碩士論文）。大同大學生物工程研究所碩士論文。

飲用水 PK 賽-找出好水來。取自

<http://ftp.slps.tn.edu.tw/eduweb/natural%20science/%E5%84%AA%E9%81%B8-%E9%A3%B2%E7%94%A8%E6%B0%B4PK%E8%B3%BD.pdf>

羅秋雄。強酸性土壤改良。取自

https://www.tydares.gov.tw/upload/tydares/files/web_structure/4434/soil3.pdf

馮德九、陳政宏、許廷安、謝宗祥。〈豆芽菜吃軟不吃硬〉。2022 全國科學探究競賽。

取自 <https://sciexplore2022.colife.org.tw/work.php?t=B0244>

酸雨資訊。取自 https://Air.Moenv.Gov.Tw/Envtopics/AirQuality_4.AspX。
SDGs 懶人包》什麼是永續發展目標 SDGs ？17 項目標一次掌握。取自
<https://futurecity.cw.com.tw/article/1867>
交通部中央氣象署各氣象站累年雨水酸鹼度值年平均資料。取自
<https://www.cwa.gov.tw/V8/C/D/phRain.html>
農業知識入口網。取自 <https://kmweb.moa.gov.tw/index.php>