

教育部 108 學年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫名稱：校園餘菜水族課程研發及推廣計畫(一)

主持人：陳柏羽 電子信箱：a0922710685@gmail.com

共同主持人：黃惠汝

執行單位：宜蘭縣礁溪國中

一、計畫執行摘要

1. 是否為延續性計畫？是 否

2. 執行重點項目：

- 環境科學教育推廣活動
- 科學課程教材、教法及評量之研究發展
- 科學資賦優異學生教育研究及輔導
- 鄉土性科學教材之研發及推廣
- 學生科學創意活動之辦理及題材研發

3. 辦理活動或研習會等名稱：校園餘菜水族課程研發及推廣計畫(一)

4. 辦理活動或研習會對象：國高中教師

5. 參加活動或研習會人數：10 場，約 80 人次

6. 參加執行計畫人數：6 人

7. 辦理/執行成效：

本計畫課程架構採 STEM 教育理念與跨學科整合模式，讓學生在解決問題的過程，獲得知識和技能，並體會到將學科知識轉化為生活經驗知識價值取向。

計畫執行期間將架設「校園餘菜水族課程」的研發過程轉化設計成許多實作技能程，並發展符合 108 課綱精神的「校園餘菜水族課程」，已完成的相關課程盤點(學習內容、學習表現、核心素養)，符合素養導向教學的精神，計劃期間一年來已舉辦 16 場研習將教學成果分享給校外教師。

「果菜廚餘分解缸」內已繁殖出珍稀魚蝦，證明「果菜廚餘供肥水耕技術」在水質控制上已達穩定水準。利用「果菜廚餘分解」的水體所種植出來的蔬果，硝酸鹽含量低，符合食安的標準，是一套值得推廣的課程教學。

二、計畫目的

1. 透過問題解決的教學模式，師生合作改良學校現有「魚菜共生系統」運作模式，設計出符合宜蘭地區適用的魚菜水耕設備。
2. 研發改進「水中分解蔬果廚餘堆肥」技術與測量方法。

3. 建構「水族生態情境教學場域」成為校園學習生態系的理想模型與活體教具室，建置過程中培養成學生「做、用、想」的能力。
4. 開發「校園餘菜水族校本課程」教材與教法，結合食農教育，建立學生的正確飲食觀，落實完整配套教學。
5. 校內成立教師共同備課社群，彼此分享教學資源與精進教學能力。
6. 推廣「果菜廚餘供肥食農課程」教學配套與技術提供他校參考。



三、研究方法

第一年 研究計畫			
研究目的	步驟	成效評估	預定時間
水族生態教學情境場域整體規劃(第一期規劃)	1. 資料蒐集、 水族專家技術諮詢 2. 校內場地選擇 3. 校外水族館參訪 4. 師生討論	1. 將校內舊有魚菜共生系統與生物實驗室內準備建置的水族展示系統重新規劃教學功能 2. 培養本校師生規劃室內水族系統的能力	108年8月 ~108年9月

生物實驗室內水族展示系統建置(第一期工程)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水族分離飼養系統建置(防止水生生物交叉感染) 2. 魚缸與大型打氣馬達調節供氣裝置安裝 3. 飼養系統水中硝化細菌培養與觀察 4. 將舊有魚菜共生系統中, 冬天存活下來的水生動物移往生物實驗室內的新式水族飼養系統 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解水族與水電材料規格, 並建置相關資料 2. 培養本校師生規劃與建置室內水族系統的能力 3. 保存舊有水生生物免於寒害侵襲(生命教育) 	108年9月~108年12月
規劃「果菜廚餘水中堆肥系統」硬體改良	<ol style="list-style-type: none"> 1. 資料蒐集、專家技術諮詢 2. 規劃採購器材與設計系統 3. 師生合作設計改良式過濾系統 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 開發專用設備, 符合學校單位與課程需求 2. 掌握關鍵技術, 無須外面廠商進行後續維護 3. 培養本校師生建置硬體能力 	109年1月~109年2月
「果菜廚餘水中堆肥系統」建置	<ol style="list-style-type: none"> 1. 依照設計圖施工建置水中堆肥系統過濾槽與沉澱槽 2. 安裝循環系統管路 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水中堆肥系統過濾裝置與水管不會再被廚餘分解後的液態黏稠物堵塞 2. 植物根部呼吸與吸收作用更有效率 	109年3月~109年6月
主題校本課程開發	<ol style="list-style-type: none"> 1. 主題課程教材設計編寫 2. 教學歷程與心得記錄 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建立校園餘菜水族校本課程主題教學課程設計 2. 培養教師引導學生思考教學能力 	108年7月~109年7月
成立教學共備社群	<ol style="list-style-type: none"> 1. 每個月領域教師開會討論, 修正課程內容 2. 課程反思檢討 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建立完整溝通模式 2. 建置教學模式與教學資源 	108年7月~109年7月
主題教學成果分享校內教師研習	<ol style="list-style-type: none"> 1. 全校性教師研習 2. 研發成果分享 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 全校教師了解主題課程架構與內容 2. 建立全校校本課程教學共識 3. 討論校內營養午餐蔬果廚餘回收流程 	109年7月

四、研究項目與完成部分

目標項目	完成百分比	已執行項目說明
水族生態教學情境場域整體規劃(第一期規劃)	100%	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水族教室建置資料蒐集與文獻探討 2. 校外水族館勘查與水族專家技術諮詢 3. 校內行政會議協調, 決定「水族生態教室」場地

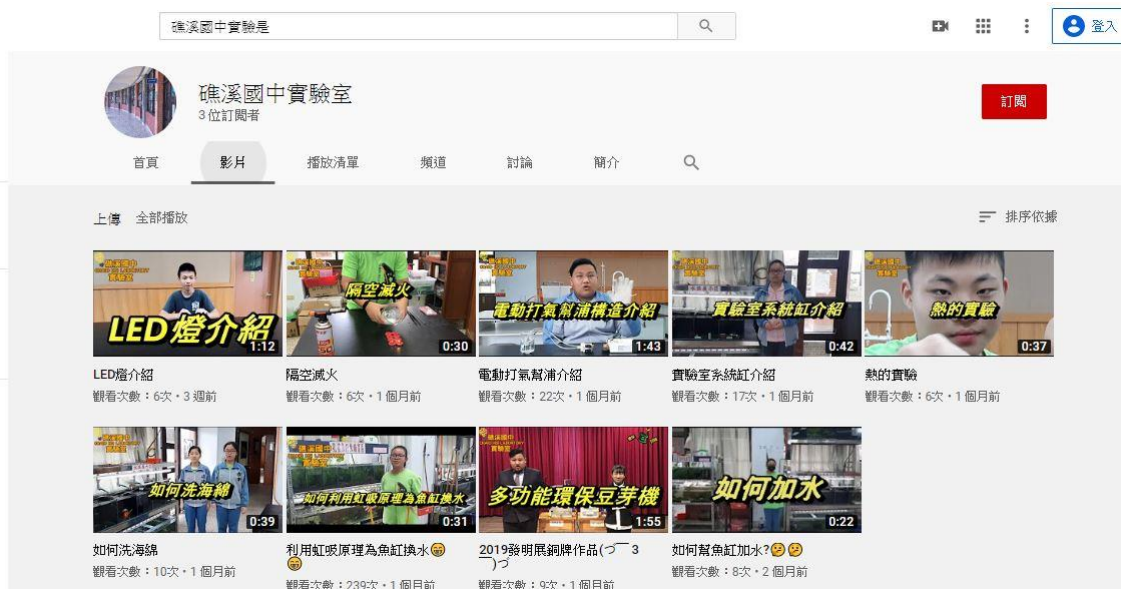
		位置 4. 已列出準備採購設備器材工具套件與規格 3. 師生合作繪製系統設計圖
「水族生態教室」系統建置(第一期工程)	100%	1. 魚缸 PVC 水管管路配置完成 2. 系統魚缸大型打氣馬達調節供氣裝置安裝完成
規劃「果菜廚餘水中堆肥系統」硬體改良	100%	1. 資料蒐集、堆肥專家技術諮詢 2. 師生合作繪製改良式過濾系統設計圖 3. 採購建置系統器材與工具
「果菜廚餘水中堆肥系統」建置	100%	1. 水中堆肥系統過濾槽與沉澱槽開始建置 2. 課程教學中已培養學生安全使用工具的習慣與動手操作能力，學生熟悉水管裁切與接管、電鑽使用、火槍焊孔等技能，預計下學期完成「果菜廚餘水中堆肥系統」建置
主題校本課程開發	100%	1. 已完成主題教學課程盤點，相關教學主題，已融入會考內容 2. 教學主題完成 108 課綱中學習重點(學習內容、學習表現、核心素養)

目標項目	計畫中長期執行與觀察部分
水族生態教室生態運作	1. 水族箱內硝化菌培養 2. 系統缸過濾方式調整優化 3. 水族生態教學場域情境佈置 4. 水族生態教室維護 SOP 建立 5. 原戶外魚菜共生水中生物移往室內飼養
「果菜廚餘水中堆肥系統」建置	1. 水中堆肥系統過濾槽與沉澱槽完成建置 2. 系統過濾槽與沉澱槽運作優化調整 3. 「重力吸引型」過濾系統開始設計
水中堆肥實驗參數掌握	目前掌握碳氮比的水中堆肥水體已能種出較市售硝酸鹽含量更低的蔬菜，但與採收時間似乎有很大關係，希望能掌握更精準的參數。
主題校本課程開發與探究實作 完整教學配套設計	1. 以 STEAM 教學架構整合現有教學主題 2. 開發探究實作課程教材 3. 研發教學課程多元評量方式
教學社群共備課程	1. 建立社群內觀課紀錄模式 2. 建置雲端教學資源
Youtube 水族科學頻道成立	1. 學生拍攝製作水族科學相關影片 2. 訓練學生行銷能力

五、研究成果

(一) Youtube 水族科學頻道

本課程開始將研發完成的實驗與器材透過學生自己拍攝剪輯，製作成 Youtube 影片，將課程心得與技術分享。也希望與網友互動交流，能得到更多靈感與知識。影片頻道為一顆種子，希望能在水族與魚菜共生領域發光發熱。



(二) 自主研發完成果菜廚餘供肥水耕植栽系統

目前建置完成的「果菜廚餘供肥水耕植栽系統」，具有以下優點：

1. 沒有傳統堆肥容易產生惡臭與引來蚊蠅的缺點

傳統堆肥給人的印象—惡臭和蚊蟲。水中堆肥由於有水體阻隔，氣味不會飄散出來。

2. 完熟時間短，且容易判斷是否完熟

傳統堆肥為了避免氣味飄散，常用大量土體覆蓋，造成厭氧環境，完熟時間長，且不容易判斷是否完熟。水中堆肥在玻璃缸內進行，容易觀察廚餘分解情形。

3. 果菜廚餘隨時可以回收，建立學生惜物愛物的觀念

目前學校廚餘都是營養午餐用餐後進行回收，若學生其他時間用完產生的果皮，則會丟入垃圾桶內。只要體驗過「把垃圾變成資源」的人，都會對「把可以餵給土地吃的東西包進垃圾袋裡」這種行為感到相當浪費。透過本研究將隨時可以回收的蔬果廚餘，解決廚餘與垃圾分類不夠仔細所形成的問題。

4. 改善魚菜共生的限制——魚菜共生改良為「餘」菜共生

能全面改善去年度魚菜共生計畫執行上的問題，蔬菜所需的營養水體來自水中堆肥，營養成分多元，且不怕低溫造成魚隻死亡。

(三) 水中堆肥相關研究結果

1. 水中堆肥分解生物最佳組合：

由本實驗中了解到水中堆肥最佳分解生物組合，在水中養殖大量可以分解各種食材的螺類，搭配可以將食材抓爛黑殼蝦(還可以做為水中的 NH₄/NH₃ 的預警)，利用琵琶鼠將水族箱玻璃面的附著物清除，在出水口可裝置海綿，海綿內飼養蚯蚓，可以看不見得養分做更細微的分解，最後由水中硝化菌將 NH₄/NH₃ 轉化為植物可以吸收的硝酸鹽。

2. 「水中堆肥」在不同堆肥資材組合下的植物生長情形

(1) 蘋果堆肥有助於提升水中鐵質：

近年來興起的魚菜共生農法，常因為魚飼料中缺乏鐵離子，而必須外加化學鐵肥，不夠天然，也會造成魚的傷害。本實驗經過測試發現蘋果堆肥的確有助於提升水中鐵離子，使種植出的蔬菜，葉片不會發黃，口感也不會有苦味。

(2) 豆渣容易發臭，不適合水中堆肥：

雖然本實驗依照堆肥材料碳氮比參考資料將比例調製在碳氮比 1:25，但豆渣因為殘渣細，極容易溶於水，腐敗速度很快，使得水中短時間內 NH₄/NH₃ 濃度大幅提高，使分解生物死亡。

(3) 浮水性植物腐化速度快，很適合作為水中堆肥資材：

像水芙蓉、金魚藻、布袋蓮等浮水植物，本身含水量較高，所以比陸生植物更容易腐壞，可作為水中堆肥調配碳氮比的最佳選擇之一。

3. 比較「水中堆肥」與傳統堆肥之間的不同

	厭氧性堆肥 (密封式)	好氧性堆肥 (開放式)	水中堆肥
菌種	厭氧菌	好氧菌	水中硝化菌
操作	不接觸空氣	接觸空氣	水中高溶氧量
排水	需要	無	無
注意土壤濕度	無	水分含量保持 60 %	無
翻耕方式 溫度控制	無	需要	無
半熟肥	32 天	18 天	8 天
引來蚊蟲	無	容易	無
夏天完熟時間	約 5 個月	約 1 個月	約 15 天
冬天完熟時間	約 10 個月	約 3 個月	約 20 天
完熟判斷方式	容易	不易	最容易
PH 值	6.5	7.2	6.8
種子發芽率	75%	80%	75%
萵苣生長情形	28cm/21 天 1.33cm/天	25cm/21 天 1.19cm/天	26cm/21 天 1.23cm/天

(四) 完成課程盤點，配合 108 課綱發展主題課程：「果菜廚餘供肥校本食農課程」

108 課綱針對自然領域有極大變革，目前完成的 98 個教學主題，已針對 108

課綱中學習重點(學習內容、學習表現)進行盤點，可涵蓋 2/3 以上的學習重點與核心素養，未來希望能補齊有關議題探討、批判思辨與認識科學本質相關的教學內容。

(五)主題課程激發學生學習動機，提升學生會考成績，家長也放心

由於目前會考成績與升學尚未完全脫鉤，與會考無關的課程常會使家長覺得浪費時間，透過本研究所開發出的主題課程，結合會考內容的核心概念，搭配發展出的配套題型，將有效提升學生學習效果。

(六)「果菜廚餘供肥校本食農課程」精進社群與教學資源共享，提供全國他校發展參考

每一個教學課程開發至成熟皆必須歷經一段很長時間，其中投入的心力與經費也十分龐大，本研究希望透過自身的研究經驗，將開發成熟的課程與教材無私地分享給有意願採用的老師，讓研究成果能適用於其他學校，讓這樣的主題課程在成功經驗上繼續精進，透過相互交流，更能激盪出教學的火花。

(七)建立學校「生物活體教材」供應系統

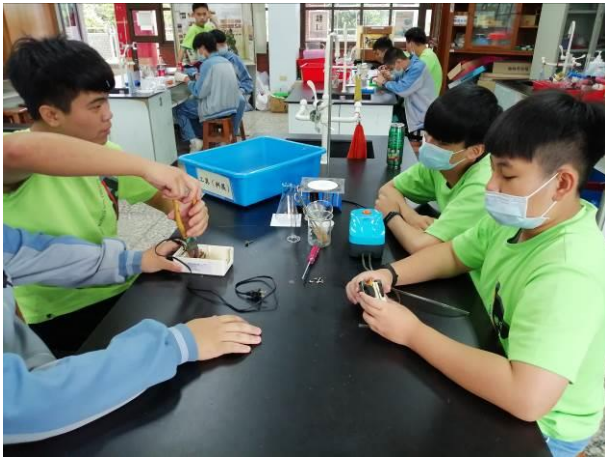
「眼見為憑」的自然教學常能深入學生記憶深處，將建立一個國中生物活體教材系統，舉凡生物課本上所需觀察的動植物，例如：植物(食蟲植物、營養器官繁殖植物、維管束觀察水芹)、觀察血液流動的小魚、甲殼類與軟體動物們(螯蝦、蘋果螺、河蚌)、顯微鏡下的水中小生物(水綿、矽藻、新月藻、草履蟲、圓水藻、渦蟲)…。等，皆可以適量取用，不造成採樣與採購上的浪費。活體生物觀察後即可放回原生系統中，不會危害傷害動物生命。對外也可供應各校師生個人或研究小組因實驗、研究需要者。將資源設備充分利用，也可成為其他教學單位可參考的教學模型。

六、研究歷程相片

YOUTUBE 頻道

說明:學生自行設立 YOUTUBE 頻道，分享實驗與研發心得

水族器材拆解



說明:拆解水族用打氣幫浦



說明:拆解後學生更了解電磁鐵運作模式，了解打氣馬達原來是隔空打氣的原理

水族服務隊平時維護出隊



說明:校長室兩棲生態缸



說明:水族服務隊到校長室幫忙換水整理



說明:熱心服務，大獲好評



說明: 魚缸水垢去除前

說明:利用小蘇打與檸檬酸去除魚缸水垢



說明: 缸水垢去除乾淨

創意水族



說明:漂浮魚缸

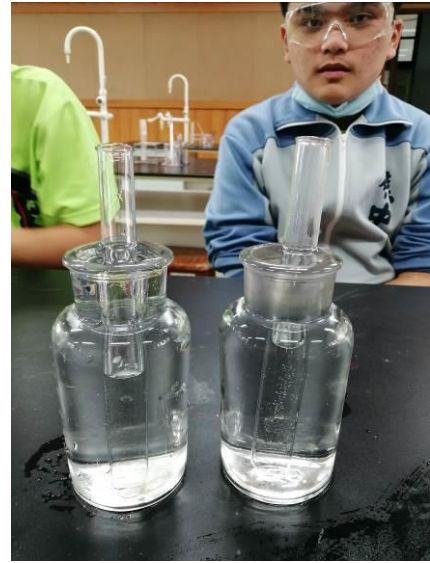


說明:免打洞底濾抽水管

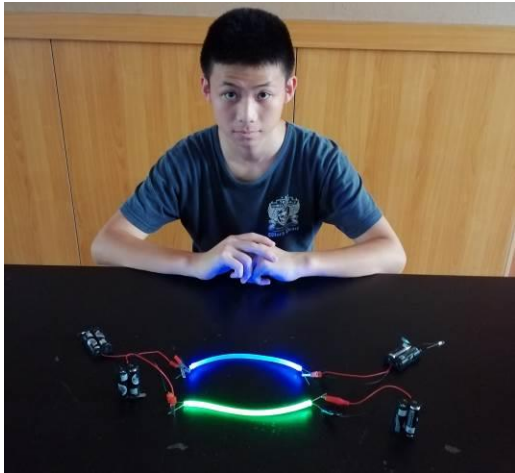
會考融入研習



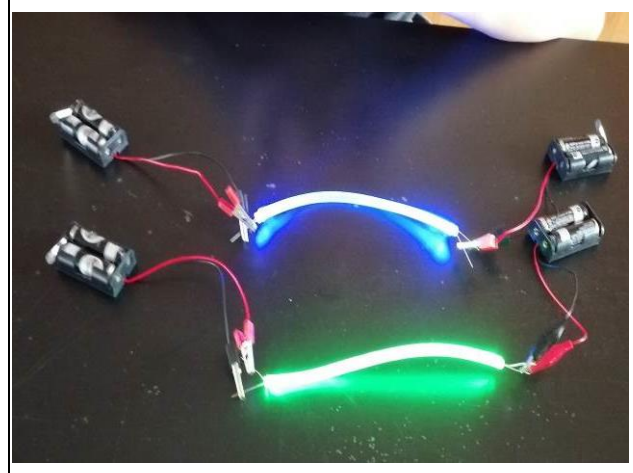
說明:拆解乾電池中的二氧化錳



說明:拆解電池中的二氧化錳可節省雙氧水分解實驗中的藥品損耗



說明:利用打氣馬達風管製作光纖燈



說明:藍色與綠色 LED 光纖燈

水族 DIY



說明:自製小型磁力刷



說明:自製小型磁力刷,可使手不碰水,輕易刷除缸壁青苔

社群教師戶外共備研習



說明:本校共備教師群到宜蘭金車水產養殖中心參訪

說明:室內養蝦池



說明:大型海水養殖缸

說明:社群教師努力紀錄學習

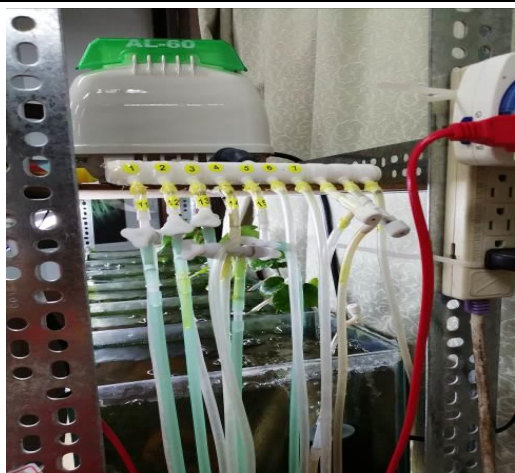
鬥魚養殖



說明:自行製作生態鬥魚缸，兩隻鬥魚互鬥畫面

說明:鬥魚長期養殖後，與人親近，總是面對人游泳

日常維護



說明:打氣馬達分流編號，以利管理

說明:打氣馬達分流編號，以利管理

多色蝦養殖



說明:極火蝦養殖缸

說明:橘色香吉士蝦養殖缸



說明:藍絲絨蝦與黃色金背米蝦養殖

說明:水晶蝦養殖



說明:自行繁殖金背黑色霸王蝦(全新品種),努力進行純化中

兩棲類生物飼養



說明:白化六腳恐龍飼養



說明:雨林角蛙飼養



說明:雨林角蛙展現保護色



說明:製作蝶豆花果凍餵食麝香龜

捕蟲植物繁殖



說明：瓶子草開花



說明：瓶子草開花



說明：毛氈苔開花



說明：毛氈苔開花

學生在錯誤中學習



說明：學生因清洗魚缸而弄破魚缸



說明：機會教育，開始介紹強化玻璃結構



說明:學生接管疏失，造成長度不同。系統中常見到類似補救連接管



說明:學生接管疏失，造成長度不同。系統中常見到類似補救連接管

協助新市國中架設魚菜共生



說明:至台南協助架設魚菜共生系統



說明:與台南新市國中老師進行共備

七、討論及建議（含遭遇之困難與解決方法）

（一）現在學生實作能力不足，「做中學」是未來教學趨勢：

由於少子化關係，每位孩子在家中都是父母的掌上明珠，在家中較少做家事，因此動手操作的能力較差。此外教學過程中也發現有些成績非常好的學生，在操作能力上非常薄弱，相對的一些學習成就較差的學生，操作技術卻非常熟練，因此實作課程是一個可以讓每種程度學生都能參與的教學課程。課本上的理論知識已無法滿足平時接受多元刺激的學生，唯有透過實作與親自觀察才能讓學生體會科學的實用性，進而對課本內的知識加強學習。

（二）動手實作課程，要讓學生在嘗試錯誤中學習，備料必需多準備

在傳統教學中老師總擔心學生做錯，常在事先叮嚀後仍不放心全程監控學生的操作，反而因介入太深，無法讓學生在實作過程中多加思考，或是在錯誤中領悟出

道理。在教學過程中，常會多準備一些材料，讓學生省思失誤後，重新製作。利用此方式，雖然損耗一些材料，但反而更能使學生在下一次的實驗中謹慎思考在著手動作，以長遠眼光而言，是一種高報酬的教育投資。

(三)校本課程應採加強全校性教師研習宣導與領域共同備課進行：

校本課程既然是一個學校的特色課程，就應該讓全校每一位老師都能清楚課程的內涵，因此本計畫執行的目的希望平時學校教師個別在自己的領域內努力教學，鮮少有跨科討論的機會，透過計畫中舉辦的全校性研習，互相交流討論，凝聚共識，並將課程中相關專業的部分帶回領域中共同備課淬鍊出更為具有領域精神底蘊的教學。

(四)學生對課程設計的想法：

課程接近尾聲，發送問卷，進行質性研究，以下為其中幾份學生回答問卷相關整理。

學生問卷一	
問卷 相片	<p>五、我對本校「餘」菜共生校本課程的感想、回饋與具體建議是：</p> <p>我們班都超愛校本課程，因為真的可以學到東西，很實用的東西。這堂課中無論功課好，還是功課差的同學，都很認真。沒有人會打混，因為我們有自己的任務要完成，每次上課老師總會拿出任務分配表，自己去實驗室找要用的工具與材料。做錯了也不會被罵，只是不要浪費材料就可以。有時候愛玩的老師，也會一時興起，突然召集大家做一些好玩的實驗。我們都直接叫老師的名字，他也不會生氣，很像我們的朋友與夥伴。這堂課氣氛超好的。</p>
文字 記錄	<p>我們班都超愛校本課程，因為真的可以學到東西，很實用的東西。這堂課中無論功課好還是功課差的同學，都很認真。沒有人會打混，因為我們有自己的任務要完成，每次上課老師都會拿出任務分配表，自己去實驗室找要用的工具與材料。做錯了也不會被罵，只是不要浪費材料就可以。有時候愛玩的老師，也會一時興起，突然召集大家做一些好玩的實驗。我們都直接叫老師名字，他也不會生氣，很像我們的朋友與夥伴。這堂課的氣氛超好的。</p>
學生問卷二	

問卷 相片	<p>五、我對本校「餘」菜共生校本課程的感想、回饋與具體建議是： 每星期都很期待能上校本課程，在這堂課中我們可以用到很多工具，自己實作。讓我覺得女生也可以很厲害，老師教會我們使用電鑽、三用電表、水電配管與連結電線，雖然我的理化成績不錯，但實際要我將5顆燈泡並聯配線，我還是不會，老師讓我們小組合作，腦力激盪，就是不會直接告訴我們應該怎麼做，每次過來看的時候，只是小小的暗示一下，其實這樣反而更能加深我們的印象。每次上校本課程都覺得時間過得很快，這堂課我們可以自己種菜自己收成，也能夠學到架設自己魚菜共生菜園的方法，很希望能連續上三年，這樣以後我就會變成專業的水電師傅了！</p>
文字 記錄	<p>每星期都很期待能上校本課程，在這堂課中我們可以用到很多工具，自己實作。讓我覺得女生也可以很厲害，老師教會我們使用電鑽、三用電表、水電配管與連接電線，雖然我的理化成績不錯，但實際要我將5顆燈泡並聯配線，我還是不會，老師讓我們小組合作，腦力激盪，就是不會直接告訴我們應該怎麼接，每次過來看的時候，只是小小的暗示一下，其實這樣反而更能加深我們的印象。</p> <p>每次上校本課程都覺得時間過得很快，這堂課我們可以自己種菜自己收成，也能夠學到架設自己魚菜共生菜園的方法，很希望能連續上三年，這樣以後我就會變成專業的水電師傅了！</p>
學生問卷三	
問卷 相片	<p>五、我對本校「餘」菜共生校本課程的感想、回饋與具體建議是：</p> <p style="text-align: center;">我覺得學校課程中，這堂課最能讓我感受到學習的東西能充分運用在生活中，每堂課老師都會給我們不同任務，不同的挑戰。我最喜歡校本課程了！只是每次時間都過好快，很想整天都上校本課程。</p>
文字 記錄	<p>我覺得學校的課程中，這堂課最能讓我感覺到學習的東西可以充分的運用在生活上，每堂課老師都會給我們不同的任務，不同的挑戰。我最愛校本課程了，只是每次時間都過得很快，很想整天都上校本課程。</p>
學生問卷四	

問卷 相片	<p>五、我對本校「餘」業共生校本課程的感想、回饋與具體建議是：</p> <p>二年級時，我自然然課不是恍神就是在睡覺，理化課本的東西我不知道有什麼什麼用處。但是上了課校本課之後，老師不是一直講課，而是每次上課都丟一些任務給我們，讓讓我們去完成，過程中有些同學很容易放棄，但有些同學就是可以動腦筋完成。我很喜歡用電動工工具的感覺，超帥帥的，我希望能學到更多實用的技巧，也讓我覺得學校學的東西真的能用在日常生活中。</p>
文字 記錄	<p>二年級時，我自然課不是的恍神就是在睡覺，理化課本的東西我不知道有什麼用處。但是上了校本課程後，老師不是一直講課，而每次上課都丟一些任務給我們，讓我們去完成，過程中有些同學很容易放棄，但有些同學就是可以動腦筋完成。我很喜歡用電動工具的感覺，超帥的，我希望能學到更多實用的技巧，也讓我覺得學校學的東西真的能用在日常生活中。</p>