

教育部 109 學年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫名稱： 33 校園餘菜水族課程研發及推廣計畫(二)

主持人： 陳柏羽

電子信箱： a0922710685@gmail.com

共同主持 黃惠汝

執行單位： 礁溪國中

一、計畫執行摘要

1. 是否為延續性計畫？（請擇一勾選） 是 否

2. 執行重點項目（請擇一勾選）：

- 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： 魚菜共生課程、水中堆肥研習

4. 辦理活動或研習會對象： 學校教師

5. 參加活動或研習會人數： 12 場，150 人

6. 參加執行計畫人數： 6

7. 辦理/執行成效：

本校舊有的魚菜共生系統常因宜蘭冬季寒流低溫造成魚隻死亡，以致系統運作瓦解。

本計畫將舊有系統修正為「水族生態教學場域」與「蔬果廚餘系統」，可以保存原本戶外養的魚進入室內「水族生態教學場域」成為水族活體教具庫。植物種植養分來源則來自「蔬果廚餘系統」。

改裝系統與成立水族教室的過程皆由師生共同協力建置，過程中培養學生動手實作的能力，也將發展歷程中的內容編寫成有系統的課程教材。學生利用建置過程中，發展「微型底濾培菌魚菜共生系統」榮獲世界青少年發明展銀牌獎，培養學生探究實作能力。

「蔬果廚餘系統」所製作出的蔬果液肥，富含豐富養分與活菌，使植物成長更為健康，也成功解決校園生廚餘的問題。

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「校園餘菜水族校本課程」教學配套與技術提供他校參考



三、研究方法

第二年 研究計畫 (今年執行)			
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(第二期規劃)	<ol style="list-style-type: none"> 1.資料蒐集、水族專家技術諮詢 2.校外水族館參訪(暑期縣外水族館校外教學) 3.師生規劃設計大型系統循環缸 	<ol style="list-style-type: none"> 1.培養本校師生規劃室內水族系統的能力 2.培養學生深入了解複雜水族飼養系統功能與設計 	109年7月 ~109年9月
生物實驗室內水族展示系統建置(第二期工程)	<ol style="list-style-type: none"> 1.水族循環系統缸建置(共4層) 2.建置第四層頂部生化過濾區與第一層底部水草栽植區工程 	<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複雜水族循環系統的能力 3.驗證利用水草優化自來水成為養殖水的能力，擁有節省水資源與生化藥劑的優點，研究成果可提供水族館參考 	109年9月 ~109年12月
改良「水中分解蔬果廚餘堆肥」技術	<ol style="list-style-type: none"> 1.進行造水與硝化菌種培養 2.觀測與掌控蔬果廚餘分解下水生系統的生態平衡 3.探討堆肥分解時水中消耗的氧氣與有效率溶氧的方式 4.探討水中堆肥最佳碳氮比 	掌握水中堆肥重要參數(碳氮比、溶氧量、溫度)	110年1月 ~110年3月
修改果菜廚餘供肥水耕植栽系統	<ol style="list-style-type: none"> 1.師生動手實作，動腦解決問題 2.培養學生安全使用工具技能 3.了解過去施工缺失部分 	<ol style="list-style-type: none"> 1.長時間追蹤觀察以改進「水中堆肥多重過濾系統」運作功能，修正過去施工缺失部分與培養修護保養技術 2.學生研發「自我清洗」功能的過濾系統，並鼓勵學生以參加宜蘭縣青 	110年4月 ~110年6月

		少年發明展 3.建置過程完全由學生動手操作，養成學生「做、用、想」的能力	
產出蔬菜硝酸鹽安全檢驗	探究控制碳氮比後的堆肥水體是否可以種植出硝酸鹽含量低的蔬菜	驗證水中堆肥的可行性	110年6月 ~110年7月
食農校本課程開發	1.食農課程教材設計編寫 2.教學歷程與心得記錄	1.實施飲食教育和農事教育課程設計 2.培養學生建立「食當地、食當季」的正確飲食觀	109年9月 ~110年7月
教學社群共備課程	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	1.建立完整溝通模式 2.建置教學模式與教學資源 3.編寫教師手冊與教學配套	109年9月 ~110年7月
主題教學成果分享 校內教師研習	1.全校性教師研習 2.研發成果分享	1.全校教師了解主題課程架構與內容 2.建立全校校本食農課程教學共識	110年7月

四、研究執行項目

目標項目	執行完成項目說明
水族生態教學情境場域整體規劃(第二期規劃)	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.與總務處協調，決定「水族生態教學情境場域教室」場地位置與水電相關問題 4.師生合作繪製系統設計圖 5.完成大型系統缸完成硝化細菌培養 6.完成大型系統缸過濾方式優化調整 7.完成水族生態教學場域情境佈置 8.逐步建立水族生態教室維護 SOP，並持續「滾動式修正」
生物實驗室內水族展示系統建置(第二期工程)	1.大型水族循環系統缸不銹鋼架架設 2.建置第四層頂部生化過濾區與第一層底部水草栽植區工程 3.魚缸 PVC 循環管路配置完成 4.系統魚缸大型打氣馬達調節供氣裝置安裝完成

	<p>5.建立大型系統缸養殖維護 SOP</p> <p>6.建立「水草過濾系統」</p>
改良「水中分解蔬果廚餘堆肥」技術	<p>1.資料蒐集、堆肥專家技術諮詢</p> <p>2.師生合作繪製改良式過濾系統設計圖</p> <p>3.製作小型「水中堆肥過濾系統」模型開始運作，成為學生發明展作品，並榮獲世界青少年發明展銀牌獎</p> <p>4.完成小型「水中堆肥過濾系統」中系統過濾槽與沉澱槽運作優化調整</p> <p>5.「重力吸引型」過濾系統開始設計完成，將於下年度科教計畫中執行，並首先運用處理教師辦公室蔬果廚餘</p>
修改果菜廚餘供肥水耕植栽系統	<p>1.搬遷陽台大型魚菜共生系統</p> <p>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，<u>學生熟悉水管裁切與接管、電鑽使用、火槍焊孔、焊接電線等技能</u></p> <p>3.已完成搬遷後水電供給模式</p>
產出蔬菜硝酸鹽安全檢驗	學生已學習檢測方式與熟練檢測程序
食農校本課程開發	<p>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</p> <p>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)</p> <p>3.已開發 STEAM 教學架構整合現有教學主題之探究實作課程教材</p>
教學社群共備課程	已舉辦四次教學共備研習與相關觀議課
主題教學成果分享校內教師研習	<p>1.已將教學成果上傳校內雲端硬碟</p> <p>2.持續拍攝 youtube 影片，供各界教師參考</p> <p>3 已建立社群內觀課紀錄模式</p> <p>4.已建置完成雲端教學資料庫</p>

五、研究成果

(一) 水族生態教學場域大型系統缸開始運作，飼養各式魚種與水草，並建立 創新生物過濾系統，結合魚菜共生概念

水族生態教學場域可分為「中型」與「大型」兩組系統缸，「中型系統缸」為去年計畫建置，今年完成「大型系統缸」建置，並於今年 2 月開始運作。

目前將「中型系統缸」定位於新進魚隻的隔離檢疫與現有生物的疾病治療，

採每個魚缸獨立過濾系統，因此不會有交互傳染的問題。

「大型系統缸」最頂端為整體系統缸三層的過濾層，目前設計為生化過濾區，並且種植水草，利用水草生長消除水中硝酸鹽類，並設置一區兩棲動物飼養區，使排泄量大的烏龜也能生活於乾淨的水體之中。下面三層分別飼養金魚、斑馬魚、神仙魚、慈鯛科等不同魚種。使學生能更貼近觀察不同的水生動物。達到「活體教具庫」的功能。

大型系統缸運作



說明:大型系統缸開始運作



說明:隔離缸與極火蝦水草繁殖缸



說明:大型系統缸飼養魚類



說明:大型系統缸飼養魚類



說明: 大型系統缸最上層採水草生化過濾



說明:大型系統缸水草過濾，植栽開花

水族養殖



說明:新進魚隻隔離缸(慈鯛科:非洲王子)



說明: 新進魚隻隔離缸(金魚:朝天眼)



說明:生病魚隻治療缸(白點病)



說明:水晶蝦飼養缸



說明:螢光斑馬魚養殖



說明:本實驗室成功繁殖出螢光斑馬魚

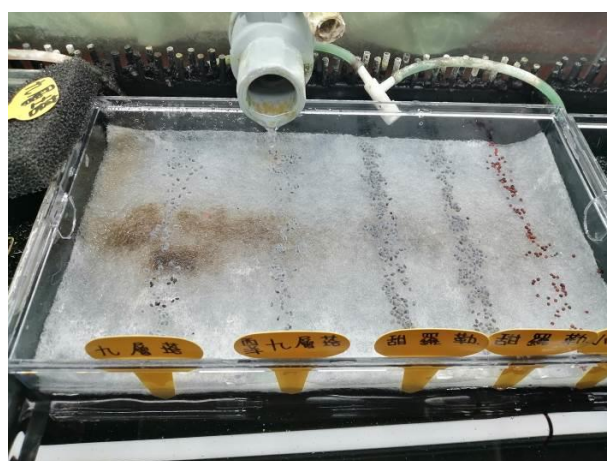
(二) 系統缸水耕育苗與水耕蔬菜

我們發現在大型系統缸的出水口放置滴流盒內置生化棉，可以成功孵化菜苗種子，比起傳統水耕孵化方式，需要將種子一顆顆放入孵化棉中，成功率更高。

孵化後的菜苗可以一棵棵分開種植，比起直接灑種，更能節省種子，也能讓菜苗成長得更好。因此系統缸可以為育苗的好工具。

利用系統缸孵化的菜苗，移植是陽台魚菜共生區，如下列相片所示，蔬菜成長快速健康，也種植蝶荳花、辣椒、秋葵等農作物。

系統缸水耕育苗



說明:利用大型水族系統缸出水口孵化蔬菜種子



說明:利用大型水族系統缸育苗

水耕蔬菜



說明:高苣與皇宮菜



說明:各式蔬菜缸種過程



說明:蔬菜成長過程



說明:蔬菜在蔬果液肥的營養供應下,大豐收爆棚



說明:夏天種植蝶豆花



說明:蝶豆花收成



說明:秋葵種子發芽



說明:秋葵開花



說明:秋葵收成



說明:辣椒收成

(三) 水中堆肥分解效率高，產生豐富營養液肥使植栽成長健康

我們建置了大型蔬果廚餘水中堆肥缸，透過層層分解，每周皆能將 10 公斤的蔬果廚餘分解完成，產生營養豐富的液肥。液肥用來澆灌植栽與農作物，植物成長非常健壯，對於病蟲害的抵抗也有很好的表現。

蔬果廚餘水中堆肥



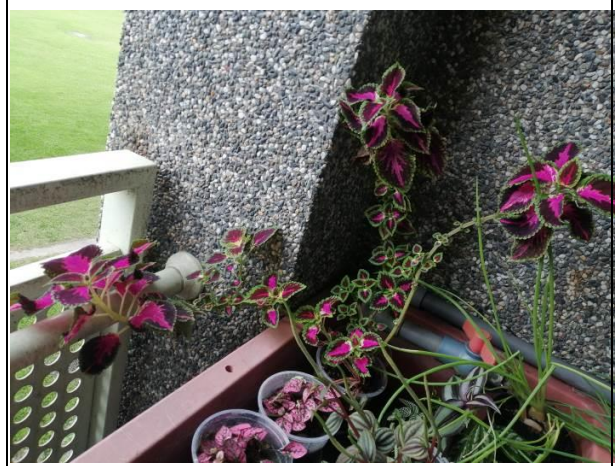
說明:新式蔬果廚餘堆肥缸



說明:大量蔬果堆肥情形，經兩周後可產生營養液肥



說明:彩葉草土耕容易受病蟲害影響



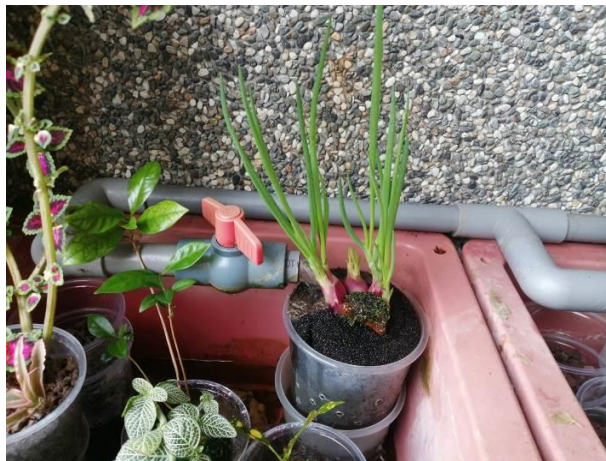
說明:水耕區活菌培養，健壯鮮豔

(四) 進行再生蔬菜栽植，培養學生資源再利用與知福惜福的觀念

利用烹飪課切除剩下的蔬菜部位，回種魚菜共生系統，可以讓學生看到植物營養器官的繁殖，與一般生物實驗不同之處在於魚菜共生系統為「活水流動」不必換水，成長迅速，根部氧氣充足，成長更為健壯。

利用學生家沒用完的紅蔥頭，利用室內大型系統缸繁殖珠蔥，採收後的珠蔥在實驗室製作蔥蛋，也成為另一種食農教育。

再生蔬菜



說明:利用學生家沒用完的紅蔥頭，利用魚菜共生系統繁殖珠蔥



說明:利用學生家沒用完的紅蔥頭，利用室內大型系統缸繁殖珠蔥



說明: 利用學生家沒用完的紅蔥頭，利用魚菜共生系統繁殖珠蔥



說明: 珠蔥收成



說明: 各式烹飪課切除剩下的蔬菜部位，回種魚菜共生系統



說明: 高麗菜回種後，一週後開花



說明: 烹飪課用完的三星蔥回種魚菜共生系統



說明: 三星蔥收成



說明:在實驗室利用採收的珠蔥製作蔥蛋



說明:吃到自己種的蔥，感覺更好吃

(五)學生研發作品「微型底濾培菌魚菜共生系統」

本科教計畫有一部分在於培育對科展與發明展感興趣的學生，運用計畫提供的資源讓願意嘗試動手做的學生有一個發展的舞台。學生將所看到的大型魚菜共生系統與多重過濾系統微型化，希望縮小為一般小家庭可以運作的尺寸，但是微型縮小化是一件困難的工程，其中牽涉到的變因都必須更為精確地微調，學生花了一年的時間終於完成此作品，準備參加世界青少年發明展。

學生研發



說明:學生花費一年時間研發整合式魚菜共生系統



說明:採背部隱藏式分流過濾



說明:自製免打孔改裝套件



說明:微型底濾培菌魚菜共生系統

(六)世界發明展全國賽參賽榮獲銀牌獎

學生經過一年的研發，經過初審與複審終於能參加 2021IEKY 世界青少年發明展，宜蘭縣學生能夠見識到全國性大型比賽，經過早上四位教授專業的評審後，下午時間為參賽隊伍相互交流。本校學生作品受到評審肯定，榮獲世界發明展全國賽銀牌獎。

世界發明展全國賽



說明:2021IEYI 世界青少年發明展



說明:世界青少年發明展準備過程



說明：世界青少年發明展準備過程



說明：參賽作品名稱「微型底濾培菌魚菜共生系統」



說明：世界青少年發明展參賽合照



說明：榮獲世界青少年發明展銀牌獎

六、討論及建議

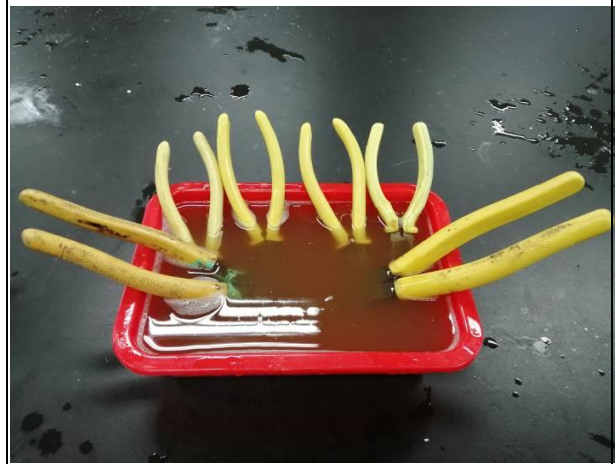
(一) 培養學生動手實作能力，注重設備的保養與修復

本課程計畫為 STEAM 架構，強調學生自發性動手實作，在實作過程中，需要動用許多工具，因此本教學相當強調對工具的愛惜與保養，平日學生會將實驗室內工具進行除鏽保養，過程中運用物理性與化學性除鏽，也增加學生對化學藥品性質的認識與應用。

學生動手實作



說明:學生利用可樂、檸檬酸、小蘇打、鋁箔紙進行工具除鏽回春



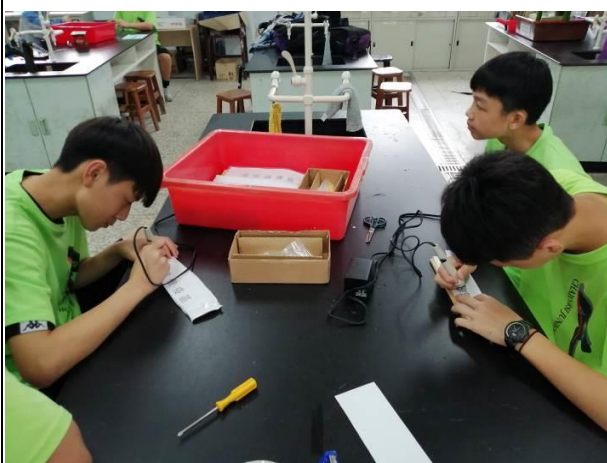
說明:工具除鏽浸泡



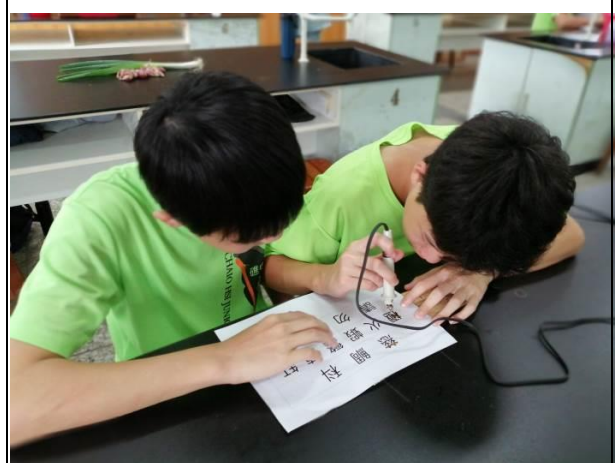
說明:工具除鏽前



說明:工具除鏽後



說明:學生利用電焊筆在木板上刻字



說明:學生利用電焊筆在木板上刻字



說明:摔裂行動電源



說明:利用研鉢壓碎營養口糧與泡麵



說明:滴入三秒膠後，進行研磨



說明:修復後更加堅固

(二)水族志工日常維護，建立 SOP 流程與培養責任感

利用午休時間培訓水族志工，傳承水族換水維護的經驗，希望在此過程中，能培養學生負責任、愛整潔的習慣。

維護習慣的建立，對於平時在家少做家事的學生來說，需要一段很漫長的時間培養，因此本計畫課程採用讓學生從老師所教導的換水過程中，經過觀察、討論、修正等過程自己建立起 SOP 流程，成為實驗室培養新人志工的養成手冊，我們也發現建立了實驗室 SOP 之後，學生出錯的機率降低，帶領學弟妹也更有方法與邏輯性，更可以從中找出一些過去的盲點，進而使工作流程更為有效率與順暢。

學生日常維護



說明:學生平日系統缸換水



說明: 學生平日依照 SOP 系統缸換水



說明:自製換水工具



說明: 自製換水工具



說明:利用吸取器吸取污泥



說明: 利用吸取器吸取污泥

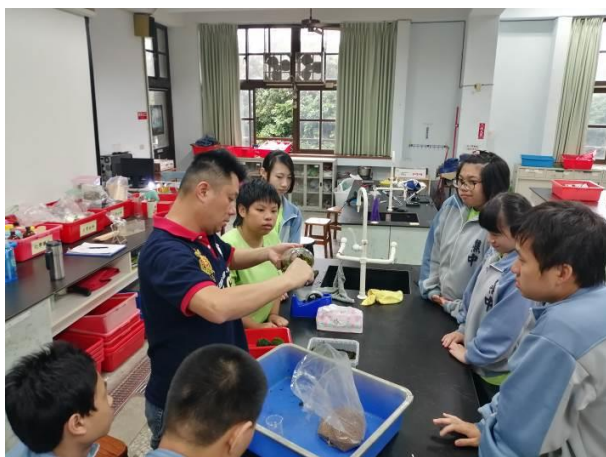
(三)研發「水耕活菌生態瓶」，加入自製液肥，成為獨創微型無土栽植景觀

採集魚菜共生系統繁殖的觀葉植物，加入自製的蔬果液肥，搭配生化棉活菌技術，獨創「水耕活菌生態瓶」，不用擔心植物何時澆水，多久澆水一次，也不用擔心施肥問題。

學生改裝學校廢棄電腦螢幕與手電筒，成為 LED 植物照明燈，並利用廢棄飲料瓶，搭配學校繁殖植物，成為低成本的生態教具。

由於沒有相關文獻可以參考，有關「自製的蔬果液肥」的濃度與成分比例，還需花時間研究，希望能在下一年度計畫中得到驗證與成果。

水耕活菌生態瓶



說明:水耕活菌生態瓶種植教學



說明:水耕活菌生態瓶種植教學



說明:苔蘚活菌生態瓶研發種植區



說明:苔蘚活菌生態瓶研發種植區



說明:赤玉土垂直壁造景前



說明:赤玉土垂直壁造景後



說明:學生發揮創意改裝 LED 燈具



說明:學生利用廢棄手電筒，發揮創意改裝 LED 燈具



說明:學生改裝 LED 燈具，生態瓶充滿生意盎然



說明:利用回收飲料罐改裝 LED 燈具可透過 USB 連接行動電源



說明:學生利用廢棄手電筒與螢幕改裝 LED 燈具，生態瓶充滿生意盎然



說明:學生改裝 LED 燈具，生態瓶充滿生意盎然

(四)透過雲端硬碟資料與 youtube 頻道影片，疫情期間進行校外技術輔導

計畫主持人通常每月受邀 1~2 場校外研習，因疫情期間避免外出，剛好可以運用本計畫所拍攝的 youtube 頻道影片與雲端硬碟中的教學資料，透過 Google Meeting 視訊方式進行技術輔導，使有意從事此類課程計畫的學校有更多的學習機會。