

教育部 107 學年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫名稱：果菜廚餘供肥水耕栽植主題課程研發及推廣計畫

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：果菜廚餘供肥水耕栽植主題課程設計分享

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「果菜廚餘供肥水耕栽植系統」的過程轉化設計成許多實作技能課程，並發展符合 108 課綱精神的「果菜廚餘供肥校本食農課程」，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. 建置學校「果菜廚餘供肥水耕栽植系統」硬體設備，提供校本課程
2. 研發「水中分解蔬果廚餘堆肥」技術與測量方法
3. 開發「果菜廚餘供肥水耕主題課程」教材與教法，完整配套落實教學
4. 成立「果菜廚餘供肥校本食農課程」精進社群，彼此分享教學資源

5. 推廣「果菜廚餘供肥校本食農課程」教學配套與技術提供他校參考



三、研究方法

研究目的	步驟	成效評估
規劃「果菜廚餘供肥水耕栽植系統」硬體設備	<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.師生合作設計規劃系統 	<ol style="list-style-type: none"> 1.開發專用設備，符合課程需求 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
研發「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)
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.實驗器材與工具採購 	<ol style="list-style-type: none"> 1.完成主題校本課程教材教法設計 2.備齊教學所需器材與工具
建置果菜廚餘供肥水耕栽植系統	<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 	<ol style="list-style-type: none"> 1.果菜廚餘供肥水耕栽植系統完成建置 2.建置過程完全由學生動手操作，養成學生「做、用、想」的能力

實施主題課程教學	搭配學校彈性課程，實施主題校本課程教學	選擇應用觀察法、問卷調查法及訪談法，以及研究者的省思札記，有系統的蒐集資料，以獲知課程對學生的成效。
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
成立精進社群與建置教學資源	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
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.建立全校校本課程教學共識 3.討論校內營養午餐蔬果廚餘回收流程
校外推廣「果菜廚餘供肥校本食農課程」 經驗技術分享	1.舉辦校外分享研習 2.技術經驗交流	1.校外交流，形成教學策略聯盟 2.蔬果廚餘回收再利用

四、研究成果

目標項目	成果項目
規劃「果菜廚餘供肥水耕植栽系統」硬體設備	1.已完成廚餘堆肥資料蒐集與文獻探討 2.加入社團「魚菜玩很大」，徵詢民間專家技術
研發「水中分解蔬果廚餘堆肥」技術	1.已完成「水中分解蔬果廚餘堆肥」系統造水與硝化菌種培養 2.持續觀測紀錄蔬果廚餘分解下水生系統的生態平衡情形 3.蔬果廚餘分解下水質清澈乾淨，已繁殖出「紅眼鬍子異形魚」、「極火蝦」與「蓋斑鬥魚」
主題校本課程開發	1.已開發出 98 個魚菜共生相關教學主題，並融入會考內容 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) 課程盤點
建置果菜廚餘供肥水耕植栽系統	1.建置「果菜廚餘供肥水耕植栽系統」課程教學中教導學生安全使用工具與動手操作能力， <u>學生已熟悉水管接管、電鑽使用、火槍焊孔等技能</u> ，培養成學生「做、用、想」的能力 2.在師生合作下，順利建置完成「果菜廚餘供肥水耕植栽系統」硬體設備，已順利運轉半年
實施主題課程教學	1.在「魚菜共生」社團課程進行主題課程教學

	2.將已開發教學主題序列化融入平日教學課程，串接起各學科知識，使課程要素形成穩固的知識結構，有助於提升學生整合學科知識，並滿足會考升學需求。
產出蔬菜硝酸鹽安全檢驗	1.實驗掌握碳氮比後的堆肥水體種植出的蔬菜，硝酸鹽含量較低，持續蒐集相關數據 2.針對各種水中生物對不同堆肥資材的分解進行研究，已找出最佳分解生物與最佳分解條件 3.針對不同堆肥資材搭配出合適碳氮比(25:1)進行水中堆肥，發現蘋果果核搭配鴨飼料形成的堆肥水體可提供萵苣成長最佳養分與充足鐵質。
成立精進社群與建置教學資源	從 107 年 5 月~108 年 5 月，每個月領域教師開會討論，修正課程內容，目前已進行 12 次會議，課程與教材內容存放於學校雲端硬碟，供校內老師備課取用
主題教學成果分享校內教師研習	107 年 8 月 27 日利用暑期備課週舉辦全校性教師研習，說明魚菜共生融入教學理念，推廣成為校本課程，並進行「奇木觀賞蝦生態瓶」實作體驗，讓每位教師都能將自己的研習作品，落實於日常生活之中
校外推廣「果菜廚餘供肥校本食農課程」經驗技術分享	1.本校在研發魚菜共生設備架設上，得到相當多實務經驗，有別於一般專業農場為學校架設的方式，設備複雜，經費龐大。我們利用學校現有物資進行整合，已發展出一套將魚菜共生與環境教育融入的教學課程。並將研發成果分享至縣外學校，目前已到桃園市山腳國中、新北市尖山國中、新北市崇林國中、台中市華盛頓中學、台北市明湖國中、桃園市六合國中、新北市漳和國中、台南市新市國中、台北市復興中學、台北市明湖國中、台北市中崙高中、台北市忠孝國中等 12 所學校擔任講師分享教學心得。 2.參與協助新竹縣石光國中校園魚菜共生系統建置 3.加入「魚菜玩很大」社團，以期獲得專業玩家更豐富的知識

(一) 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。

(二) 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	無勝	無勝
注意土壤濕度	無勝	水分含量保持 60 %	無勝
翻耕方式 溫度控制	無勝	需要	無勝
半熟肥	32 天	18 天	8 天勝
引來蚊蟲	無勝	容易	無勝
夏天完熟時間	約 5 個月	約 1 個月	約 15 天勝
冬天完熟時間	約 10 個月	約 3 個月	約 20 天勝
完熟判斷方式	容易	不易	最容易勝
PH 值	6.5	7.2	6.8

種子發芽率	75%	80%	75%
莖生長情形	28cm/21 天 1.33cm/天	25cm/21 天 1.19cm/天	26cm/21 天 1.23cm/天

(三) 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。

(四) 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。

(五) 「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。

(六) 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。

五、討論及建議 (含遭遇之困難與解決方法)

(一) 預留時間實作探究

計畫執行期間的課程教學採「探究與實作」方式，是將學生放在一個較開放的系統中，運用其已經習得的知識、能力，在情境中進行推理、分析與統整來解決問題。因此無法事先預測學生具體的學習行為與走向，因此在時間的分配上，宜採預留2/3的時間留給學生探索、幫助學生練習各種實驗需要的技巧與協助學生處理問題。

(二) 「以學生學習為中心的教學策略」(learner-centered teaching)，施工品質需要逐年改進

素養導向教學比較重視學習情境與脈絡鋪陳，所以需要探索的時間比較長，無法像過去以講解為主的教學，可以使用較少的時間傳達大量知識與老師代替學生操作。因此這樣的教學需要花費更多的心力去培養學生的能力，相對的學生在不純熟的技

術下製作的設備，耐用度也備受考驗。因此本計畫必須改善之前施工品質不佳的設備，以期達到高妥善率的運作。

(三)水中堆肥遭遇的問題與計畫改進方式

1. 水中堆肥蔬果廚餘過多，易使過濾器堵塞，需要重新設計過濾槽

建置完成的「果菜廚餘供肥水耕植栽系統」，由於所有蔬果廚餘的殘渣皆集中於同一池，雖然有設計「進水過濾盒」與「出水過濾盒」，但仍有液態黏稠物，影響馬達出水功率與造成水管壁分布黏滯物。浮在水裡的有機物會粘到菜的根上，導致菜的根呼吸和吸收養分都比較困難，根系發育遲緩並呈褐色，不像用營養液水培的植物那樣擁有非常乾淨的白色根系。

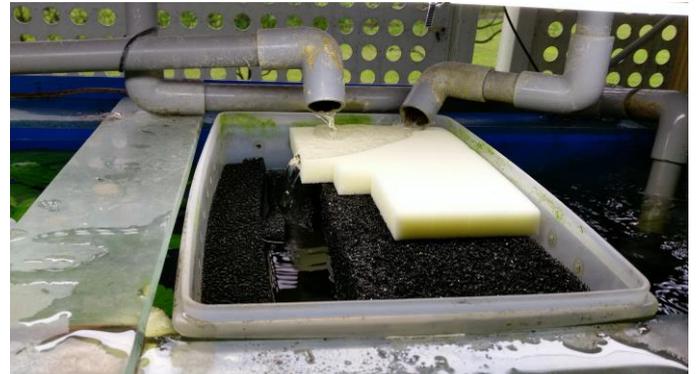
目前水中堆肥執行現況



說明:堆肥區與過濾區沒有分開，馬達出水效果受到影響



進水過濾盒:將沉水馬達置於內含毛刷的過濾盒，可於進水時阻擋部分殘渣



出水過濾盒:於水中堆肥槽出水端再進行一次過濾

2. 計畫改善方式:

本計畫將重新設計水中堆肥過濾系統，新式過濾流程為：「果菜廚餘堆肥區→抽取堆肥區上層水體→沉澱池→過濾池→植栽種植區→回水集水桶→果菜廚餘堆肥區」，並在沉澱池下設置排汙管道，確保水體乾淨。排汙淤泥可做為土耕蔬菜區肥料。

(三) 魚菜共生課程是跨領域協同教學的好題材

本計畫透過於魚菜共生水耕系統，讓學生了解生物圈循環道理。透過建置系統過程培養學生動手實作技能。在果菜廚餘堆肥歷程中讓學生親自觀察如何利用食材回收轉化成蔬菜肥料的原理。利用堆肥水體種植的農作物，可透過泡花草茶與烹飪讓學生感受到農獲的珍貴，進而珍惜食物，培養環保概念。

(四) 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。

(五) 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。

(六) 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。