

計畫編號：ARDSWC-114-043

---

**精進國際水土保持示範區及  
智慧農業生產行銷  
Advance the international soil and water  
conservation demonstration areas and  
smart agricultural production and  
marketing  
成果報告書**

---

執行單位：國立屏東科技大學

執行期間：114 年 02 月 01 日至 114 年 12 月 31 日

總計畫總主持人：李明熹教授兼系主任

計畫主持人：王耀男教授兼系主任

林汶鑫教授

周映孜教授

協同主持人：劉睿凱 講師級研究員

**農業部農村發展及水土保持署編印**

**中華民國 114 年 12 月**

(本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本署施政參考)

# 精進國際水土保持示範區及智慧農業生產行銷

## 摘要

近年來，由於全球暖化導致氣候變遷，造成極端與災害性天氣的機率增加，尤其降雨與溫度的變化型態迥異往常。因此，政府相關部門對於山坡地的水土保持投注相當多的心力及資源，其水土保持績效有目共睹。然而，在加強水土保持及農村發展之創新發展下，除坡地水土保持的持續推動與維護之外，如何在結合農業、農村、農民的資源，及水土保持基礎下的精進里山經濟，提升適地性產業增加就業機會，以建立為環境共好的「里山 satoyama」複合式農村生態系經營模式。因此在前期計畫的發展基礎下，本計畫執行流程為：在林下坡地咖啡栽培管理方式中，持續擴展及精進咖啡的栽培管理模組，包括栽培管理面積的增加、採收調製與發酵加工等相關生產及加工的管理流程的確立，以及進行後置咖啡產品的露出行銷。而智慧灌溉模組中，持續將監測和控制影響咖啡種植及咖啡豆品質的環境變數，以物聯網（IoT）的應用蒐集環境參數，對作物、土壤、用水、肥控制進行智慧管理修正，收集數據後上傳並建立資料庫，提供農場主咖啡樹成長與環境變化的關係。

**關鍵詞：**水土保持、坡地、林下經濟、咖啡、智慧灌溉

# **Integrating research on international soil and water conservation demonstration areas and smart agricultural production and marketing**

## **Abstract**

In recent years, global warming has led to significant climate change, resulting in an increased frequency of extreme and catastrophic weather events, particularly in terms of rainfall patterns and temperature fluctuations that differ markedly from historical norms. In response, government agencies have invested substantial efforts and resources in soil and water conservation, particularly in hilly and sloped regions, with demonstrable success. Beyond these ongoing efforts, there is a growing need to integrate agricultural, rural, and community-based resources to develop a more refined satoyama (里山) economy that aligns with soil and water conservation principles. Such an approach aims to enhance location-specific industries, increase rural employment opportunities, and establish an environmentally harmonious and multifunctional rural socio-ecological system.

Building on the foundations established in previous phases of the project, the current study focuses on advancing cultivation management modules for shade-grown coffee in sloped forest lands. Key components include expanding the cultivated area, improving harvest, post-harvest processing, and fermentation techniques, and enhancing the visibility and marketing of value-added coffee products. In parallel, the smart irrigation

module continues to optimize the monitoring and control of environmental variables that affect coffee growth and bean quality. Through the integration of Internet of Things (IoT) technologies, environmental parameters are collected and used to enable intelligent management and adaptive control of crops, soil, water, and fertilization. These data are uploaded to a centralized database to establish correlations between coffee tree development and environmental changes, thereby providing farm managers with actionable insights for decision-making.

**Keywords: Soil and water conservation, slope land, under story economy, coffee, smart irrigation**

# 目次

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| 摘要.....                  | I     |
| Abstract.....            | II    |
| 目次.....                  | IV    |
| 表次.....                  | V     |
| 圖次.....                  | VI    |
| 第一章 緒論.....              | 1-1   |
| 第二章 工作執行方法與步驟 .....      | 2-1   |
| 第一節 工作執行方法 .....         | 2-1   |
| 第二節 工作執行步驟 .....         | 2-1   |
| 第三章 工作進度與交付項目 .....      | 3-1   |
| 第一節 計畫甘特圖 .....          | 3-1   |
| 第二節 計畫交付項目 .....         | 3-2   |
| 第四章 結論及建議 .....          | 4-1   |
| 第一節 結論 .....             | 4-1   |
| 第二節 建議 .....             | 4-2   |
| 附錄.....                  | 附錄-1  |
| 附錄一、審查意見紀錄暨回覆 .....      | 附錄-1  |
| 附錄二、精進水土保持區成本估算 .....    | 附錄-16 |
| 附錄三、2025 競賽成績及評比說明 ..... | 附錄-17 |

## 表次

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 表 1-1 計畫重要檢核點管制表 .....  | 1-2  |
| 表 3-1 外賓觀摩示範區辦理情形 ..... | 3-47 |

## 圖次

|                                                       |      |
|-------------------------------------------------------|------|
| 圖 3-1 計畫執行甘特圖 .....                                   | 3-1  |
| 圖 3-2 水土保持咖啡栽培示範園區建構與規劃 .....                         | 3-3  |
| 圖 3-3 咖啡栽培區植株現況 .....                                 | 3-4  |
| 圖 3-4 咖啡栽培區苗圃規劃 .....                                 | 3-5  |
| 圖 3-5 咖啡栽培區咖啡苗定植規劃 .....                              | 3-6  |
| 圖 3-6 咖啡栽培區咖啡苗定植施作 .....                              | 3-7  |
| 圖 3-7 咖啡栽培區咖啡苗定植現地施作 .....                            | 3-8  |
| 圖 3-8 紫葉咖啡生長及採收現況 .....                               | 3-9  |
| 圖 3-9 紅波旁咖啡生長樣態。 .....                                | 3-9  |
| 圖 3-10 黃波旁咖啡生長樣態。 .....                               | 3-10 |
| 圖 3-11. 採收後，風乾之咖啡果乾。 .....                            | 3-12 |
| 圖 3-12. 日曬處理咖啡豆。 .....                                | 3-13 |
| 圖 3-13. 水洗處理咖啡豆。 .....                                | 3-14 |
| 圖 3-14. 蜜處理咖啡豆。 .....                                 | 3-15 |
| 圖 3-15. 咖啡生豆進行烘焙之後，再與香夾蘭籽進行混<br>合窰製成水保香夾蘭咖啡烘焙豆。 ..... | 3-15 |
| 圖 3-16. 國立屏東科技大學水土保持戶外教室咖啡植栽<br>區域施作場域範圍。 .....       | 3-17 |
| 圖 3-17. 咖啡生長樣態。 .....                                 | 3-18 |
| 圖 3-18. 滴灌管鋪設。 .....                                  | 3-18 |
| 圖 3-19. 電動水閥及太陽能供電系統。 .....                           | 3-20 |
| 圖 3-20. 12 V 鉛酸電瓶。 .....                              | 3-20 |
| 圖 3-21 12 V 鉛酸電瓶電能供應田間感測器。 .....                      | 3-21 |
| 圖 3-22 田間量測模組。 .....                                  | 3-22 |

|                                                        |      |
|--------------------------------------------------------|------|
| 圖 3-23 行動電源。.....                                      | 3-22 |
| 圖 3-24 WIFI 分享器與 ESP32 CAM 架設。.....                    | 3-23 |
| 圖 3-25 THINGSPEAK 資料平台。.....                           | 3-25 |
| 圖 3-26 智慧型物聯網監控平台。.....                                | 3-25 |
| 圖 3-27 模組環境溫度量測結果。.....                                | 3-28 |
| 圖 3-28 模組環境溼度量測結果。.....                                | 3-28 |
| 圖 3-29 2025 年 1 月每日溫度。.....                            | 3-29 |
| 圖 3-30 2024 年 10 月 22 日近地溫度與濕度。.....                   | 3-29 |
| 圖 3-31 香草咖啡配方配製流程。.....                                | 3-30 |
| 圖 3-32 發酵乾燥完成的咖啡櫻桃果進行混合香英蘭糖分裝成浸泡<br>袋包裝，製成咖啡果茶。.....   | 3-32 |
| 圖 3-33 將發酵乾燥完成的咖啡櫻桃果乾和香英蘭進行加熱混合研<br>發出咖啡果醬產品。.....     | 3-32 |
| 圖 3-34 水保香草咖啡包裝設計打樣第一版.....                            | 3-34 |
| 圖 3-35 水保香草咖啡包裝商品風味標示。.....                            | 3-34 |
| 圖 3-36 2025 台北國際食品系列展(FOOD TAIPEI MEGA<br>SHOWS)。..... | 3-38 |
| 圖 3-37 2025 東元企業商品洽談會推廣水保香草咖<br>啡。.....                | 3-39 |
| 圖 3-38 2025 競賽得獎證書及照片 .....                            | 3-41 |

## 第一章緒論

近年來由於氣候變遷，形成極端與災害性天氣的機率日益頻繁，尤其是降雨與溫度變化型態迥異於往常是目前面臨的重大挑戰，不論對於農業在生產、價格、生物多樣性造成衝擊及問題，亦增加自然生態系統及土地和水等資源的壓力，並加劇土壤侵蝕、森林砍伐、水資源短缺、污染及整體土地退化等問題。因此政府相關部門對於山坡地的水土保持投注相當多的關注及資源，其水土保持績效有目共睹。然而，在加強水土保持及農村發展之創新發展下，除坡地水土保持的持續推動與維護之外，如何結合農業、農村、農民的資源，創造屬於水土保持基礎下的里山經濟，發展適地性產業增加就業機會，以建立為環境共好的「里山 satoyama」複合式農村生態系經營模式。

根據 2024 年的調查顯示，台灣人平均每年喝掉 1.77kg 的咖啡，約消費約 42.4 億杯的咖啡，遠超過全球每人平均的 126 杯，顯示咖啡已成現代臺灣人的生活要事，每年更以 3.7% 的幅度成長中。但與日、韓和歐美等國家，每人每年平均要喝掉 400 杯以上的程度，台灣咖啡市場仍有很大成長空間。然而，咖啡不同於茶葉，主要仰賴進口，並且咖啡豆的風味除品種及氣候的影響之外，產地及栽培管理方式，甚而採後的調製過程以及專業的烘焙，均是成為精品咖啡重要的環節。此外，台灣近年來由於農村人口老化，從事農業人力大幅短缺，農業生產力受到嚴重衝擊。因此，本研究欲精進水土保持條件下之林下坡地咖啡栽培管理方式與智慧灌溉模組，以建立深具咖啡栽培、加工生產、智慧灌溉、展示觀摩空間與推廣教室之水土保持管理示範區，成為在水土保持條件下兼顧經濟生產與生態多樣平衡之實務可行

性參考案例。此外，同時可評估不同管理方式對邊坡水土保持、土壤碳匯及減排之效益，不僅符合國家十年內之淨零排放政策，同時兼具聯合國之永續發展目標(SDGs)，應對氣候變遷挑戰的咖啡生產策略，包括氣溫升高、降雨模式的變化、咖啡害蟲分佈範圍的改變，以及更頻繁、更極端的氣候事件，為應對這些氣候威脅，咖啡生產系統韌性提升，並加強咖啡農的適應能力有助於實現可持續發展目標（SDG）中第 13 項的氣候行動。而在以初步建立的林下坡地咖啡栽培管理方式中，將持續精進在咖啡栽培管理模組的規劃，以達到智慧栽培的境地，包括栽培管理的智慧化發展、採收調製、發酵加工，以及相關生產與加工的管理流程標準化。而在智慧灌溉模組中，將持續監測及驗證，以調控影響咖啡種植及咖啡豆品質的環境變數，期待以物聯網（IoT）的應用蒐集環境參數，對作物、土壤、用水、肥控制進行智慧管，收集數據後上傳並建立資料庫，並結合相關生育期及栽培施作管理規律，未來期待得以提供農場主咖啡樹成長與環境變化的關係的預測模型。

計畫重要檢核點管制表如表 1-1 所示。

**表 1-1 計畫重要檢核點管制表**

| 檢核點 | 預計日期               | 交付項目        | 數量  | 備註  |
|-----|--------------------|-------------|-----|-----|
| M1  | 113 年 12 月 2 日(一)  | 計 畫 書       | 6 份 |     |
| M2  | 114 年 3 月 11 日(二)  | 審查意見回覆      | 線上  |     |
| M3  | 114 年 6 月 2 日(一)   | 第一期款收據      | 1 份 | 60% |
| M4  | 114 年 7 月 17 日(四)  | 期 中 報 告 書   | 5 份 |     |
| M5  | 114 年 9 月 5 日(五)   | 第二期款收據      | 1 份 | 40% |
| M6  | 114 年 11 月 25 日(二) | 期 末 報 告 書   | 5 份 |     |
| M7  | 114 年 12 月 31 日(三) | 成 果 報 告 書   | 5 份 |     |
| M8  | 114 年 12 月 31 日(三) | 結 束 會 計 報 告 | 2 份 |     |

資料來源：依據農業部農村發展及水土保持署函文

## 第二章工作執行方法與步驟

### 第一節工作執行方法

本研究欲精進水土保持條件下之林下坡地咖啡栽培管理方式與智慧灌溉模組，以及深具咖啡栽培、加工生產、智慧灌溉、展示觀摩空間與推廣教室之水土保持管理示範區，建立在水土保持條件下兼顧經濟生產與生態多樣平衡之實務可行性參考案例。因此，將於國立屏東科技大學水土保持戶外教室，轄內的芒果園區域面積達六千五百平方公尺適合規劃建立國際示範場域的基地。並從(1)精進水土保持區林下咖啡永續栽培生產區的規劃與建立；(2)水土保持區咖啡智慧灌溉之驗證與智慧施作模組之建立；(3)多元咖啡產品研製與行銷策略之擬定等，三個方向進行計畫執行。

### 第二節工作執行步驟

#### 一、精進水土保持區林下咖啡永續栽培生產區的規劃與建立

咖啡作物適合栽種於全球南北回歸線之間以及年雨量在一千兩百毫米以上的區域，海拔三百公尺至一千六百公尺，且有上層有遮陰林木的約百分之五十以下林地為最佳，土壤力求排水良好通風之山坡地，表土深、土質疏鬆、土壤 pH 值於 4.5 至 5.5 弱酸性之間，以富含腐植質及礦物質之砂質壤土或砂質黏土為佳。林下微氣候的獨特氣候條件，如光照、溫度、濕度和風速等，這些條件通常與外部環境有所不同。林冠層能調節陽光照度，減少直射陽光對地面的曝曬，同時降低地面溫度並增加空氣濕度，為林下經濟作物提供更穩定和適宜的生長環境。此外，林下屏障效應可減少強風對作物的損害，進一步提

高作物的生產力和品質。通過科學選擇林下經濟作物種類，並結合林系微氣候特性進行種植，不僅能促進農林綜合發展，還可減少對自然生態的干擾，實現生態、經濟與社會效益的多贏，還能提升森林的碳匯能力和生物多樣性。本計畫在屏東科技大學水土保持戶外教室，轄內的芒果園區域面積達六千五百平方公尺適合規劃建立國際示範場域的基地。113 年度以整體場域的二分之一進行種植，栽培面積約三千平方公尺，共植入七百五十株咖啡，配合坡地已有的芒果成樹約有一百二十棵作為林蔭式栽培。而在 114 年度中亦增加栽培株數與栽培面積，整體規模達 155 株咖啡，佔地約 6517.54m<sup>2</sup>，期間亦同時觀察已種植之咖啡樹的生長歷程，及相關病蟲害發生條件，為未來研擬建立水土保持區林下咖啡栽培技術建議手冊進行準備。

此外，咖啡苗木品種來源、育苗作業與栽培管理計畫描述如下：計畫選定以產量和風味兼具的阿拉比卡咖啡，黃波旁 Yellow Bourbon、藝妓品種，以及具有酸值獨特明亮的紫葉品種進行育苗與定植作業。其中阿拉比卡咖啡 Arabica coffee, *Coffea arabica*，是全球最主要的咖啡栽培品種。而阿拉比卡種咖啡適合生長溫度為十八至二十六攝氏度之間、海拔六百米富含礦物質的火山地質土壤生長，咖啡因濃度較羅布斯塔咖啡低。由於咖啡的採收為季節性，因此日曬處理、蜜處理和水洗處理的加工場域僅有在咖啡採摘的幾個月內運作，其乾燥的果實或乾燥的帶殼豆進一步的處理操作(乾式處理)可貯存 1-2 年的時間，人力與空間的調動隨業務的需求進行調整。

## 二、水土保持區咖啡智慧灌溉之驗證與智慧施作之建立

近年來，農業部推動「智慧生產」及「數位服務」的「智慧農業 4.0」計畫。因此，本計畫將從水土保持區咖啡智慧栽培下的「智慧

生產」及「數位服務」兩方面進行優化。本研究以林下栽植合適的耐陰性森林副產物，以「混農林業」的概念經營，建立在水土保持條件下兼顧經濟生產與生態多樣平衡之實務與場域。在『智慧生產』方面，本研究將以本校示範場域已經設置的田間即時感測器，進行觀察評估咖啡生長情形。田間即時感測器的部分，預計將完備設置溫度、濕度、光度、土壤水分、土壤溫度、pH、電導度及田間即時影像感測器，以利於進行環境參數記錄以發出警訊，並搭配咖啡生育期觀察，以期未來得以智慧評估咖啡豆生長情形。藉由透過環境感知器回傳數據作為自動灌溉做動器依據，依據環境不同在超出環境控制範圍時得以即時產生警報或警告超出既定範圍，讓使用者能即時監控與控制農場的灌溉系統。為達水土保持效果，在水土保持區之林下坡地的地形及土層均屬複雜，使得咖啡栽培深具挑戰。

計畫未來將透過大數據蒐集栽培環境參數數據，並依據咖啡品種、栽種地點進行智慧灌溉，藉以提高咖啡種植品質與程序存活率，同時也能夠進行有效的節水，有助於適應氣候變遷所帶來的影響。經由完成環境感測器、農場灌溉控制器架設與軟體撰寫，並進行伺服器資料庫建立，透過戶外環境測試系統穩定度與可靠度。此外將亦將結合智慧滴灌系統中，收集之環境參數資料搭配咖啡的栽培與生長記錄，逐步建立林下水土保持區咖啡智慧栽培管理系統，其達到智慧施作的境地。依據目前完成水土保持區林下咖啡栽培環境規劃與建立，及水土保持區咖啡智慧灌溉系統之建立，未來將透過多個物聯網平台與雲端資料庫整合並建立一田間觀測與控制平台，並進行田間環境紀錄。

在 114 年度重要項目則為透過 Node-RED 的流程編排，可以根據 Thing Speak 上的數據進行條件式的自動化操作，例如根據土壤濕度

數據自動控制灌溉系統，或根據光照度數據調整照明設備並執行自動化流程，為後續田間智慧與自動化進行進一步之開發，並持續驗證相關數據之正確性，以利與栽培管理相結合，發展咖啡的智慧栽培管理模組。

本系統開發主要分為四大部分，第一為感測器整合與韌體開發、第二為子系統可靠度驗證、第三為全系統驗證，第四為全系統真實環境驗證。本研究於測器整合與韌體開發，已藉由前期計畫將 ThingSpeak、Node-red、MQTTgo 等平台進行整合，ESP32 晶片將感測器所量測之訊號進行 ThingSpeak 雲端資料庫寫入並記錄透過此資料收集與處理建構農業林下環境監測平台。子系統可靠度驗證需進行系統性驗證以確認其在不同操作條件下的準確性與穩定性，主要分為 3 步驟，如下所述：

#### (1)校準與準確性測試

A.參考儀器對比：使用已校準的測量儀器作為基準，將子系統感測數據與基準儀器的讀數進行比對，計算測量誤差。B.環境模擬測試：在可控的環境模擬箱中，設定多種溫條件，測試子系統感測數據在不同條件下的準確性。

(2)穩定性測試：長期連續運行測試，讓子系統在模擬的實際操作環境中連續運行一定時間，記錄測量數據並分析漂移情況；與數據一致性分析，其對長期數據進行統計分析，確認測量數據的穩定性，如計算均值、標準差和漂移率。

(3)耐久性測試 A.將子系統置於極端條件一段時間，測試其硬體與感測元件是否能正常運行。B.循環壽命測試：對溫溼度子系統進行多次循環，以模擬真實環境中的老化影響。如上所述，目前已完成第

一項測試，該整合型感測器模組已進行校正並完成環境模擬測試；於穩定性測試目前具備 2 組感測器，一組於環境可控之實驗室於穩定電源進行耐久測試，另一組以模擬場域之環境之不穩定供電及真實環境進行穩定性測試。本計畫將持續進行真實場域穩定性測試及耐久性測試，透過環境數據蒐集同時驗證整合型感測器模組之可靠度。

ThingSpeak 結合物聯網數據收集、存儲、處理與分析功能，可有效應用於大數據分析，其優點如下：

(1)數據收集與存儲 A.資料流設置：創建 ThingSpeak 的 Channel，定義數據字段（如溫度、濕度、土壤溼度等），並設定數據傳輸頻率，本案為 10 分鐘傳送一次訊號。B.數據傳輸：使用 HTTPPOST 或 MQTT 協議將設備數據上傳到 ThingSpeak 平台，確保實時數據記錄。C.歷史數據管理：ThingSpeak 可以自動存儲數據，方便後續進行歷史數據分析與調閱。

(2)數據可視化 A.即時圖表：使用 ThingSpeak 內建的圖表工具（如折線圖、柱狀圖）查看數據變化趨勢。B.多數據對比：將多個 Channel 的數據進行對比分析，例如溫濕度與空氣品質的相關性。

(3)數據可視化 A.即時圖表：使用 ThingSpeak 內建的圖表工具（如折線圖、柱狀圖）查看數據變化趨勢。B.多數據對比：將多個 Channel 的數據進行對比分析其相關性。

(4)報告與數據分享 A.數據導出：將分析結果導出為 CSV 或 JSON 格式，供進一步研究使用。B.數據共享：ThingSpeak 支持公開 Channel 數據，方便與團隊成員或公眾共享分析結果。

除建置整合型感知器外，於咖啡栽培場域已建置完整低關系統及電動閥，本研究預計將蒐集林下微氣候資訊，透過資料庫建立進行大數據分析，藉由備數據按時間段（如小時、天）進行聚合，計算平均值、最大值或最小值，以識別長期趨勢；同時可依據數據相關性，探討各環境參數之間

的相互影響。透過地表溫度、環境溫濕度等大數據蒐集，可將其作為控制滴灌水量、降地表降溫等栽培依據，並可結合作物生長情況判別環境資訊以作為栽培方式改良之判斷。透過結合機器學習算法識別異常模式，如溫濕度感測器的故障時數值異常情況，進行感測器異常自我檢測之依據。科技在農業上的應用已日益成熟，利用物聯網蒐集並持續監控和控制影響環境變化，本研究透過大數可對於林下環境進行數據蒐集，以進行觀察評估作物生長情形，針對農場建議合適的栽植參數以此提高種植品質與存活率，同時也能夠進行自動化控制。

### 三、咖啡行銷策略之擬定

咖啡與茶葉、可可並稱為世界三大飲料，同時也是世界交易量僅次於石油的第二大期貨商品，全球有 15 億以上的飲用人口，市場規模大約在 5 億美元，大約是全球市場的 1%。就市場規模而言，2024 年臺灣咖啡市場規模已達新台幣 1,000 億元，顯示其強勁的消費動能。同時，2024 年全球咖啡市場預計將持續成長，市場規模從 2023 年的 2692.7 億美元增長至 2030 年的 3694.6 億美元，年複合增長率達 5.3%。此外，在消費量而言，2023 年在臺灣的調查結果指出，每人年均喝掉 184 杯咖啡，合計一年共消費 42.4 億杯咖啡。相較於 1998 年，一年消費 7.3 億杯而言，短短 25 年間，咖啡的消費量成長六倍，並且高於同期期全球每人平均的 126 杯。但相較於日、韓與歐美等，每人一年平均消費 400 杯而言，臺灣在咖啡的消費市場仍有非常大的空間。而在 113 年度已建置規劃的 750 株咖啡樹，已可以生產少量咖啡豆，並進行精品咖啡的調配。並且參與 2024 年國際茶咖啡品鑑大會(International sensory evaluation of tea and coffee, ITCE)參與競賽。經由品鑑團評選出感官品質優良且為各類前 30%群組之優選產品為『年

度推薦獎章』，而本計畫前期研究成果經競賽評比，榮獲咖啡推薦獎章，相關產品已於 113 年 11 月，於屏科大員工生消費合作社上架販售。亦由於 20243 年的優秀競賽成績，本年度(2025 年)亦再次參與國際茶咖啡品鑑大會(ITCE)。

而本計畫未來咖啡豆的原豆生產，除朝精品咖啡豆發展之外，本計畫未來亦將發展多元產品「風味咖啡」或稱「調和咖啡」進行。「風味咖啡」或稱「調和咖啡」是將香料與咖啡豆混和，例如肉桂、可可、八角、丁香等等，最終獲得具有多變風味的咖啡飲品。

經探討，本研究將使用香料之王的香莢蘭，利用香莢蘭中香草醛的風味，多元開發咖啡產品。為達到理想風味，針對各種配方、萃取方式及咖啡豆類型，記錄並評估試飲結果，並邀請試飲者反饋，以改良出最佳配方。最後選擇使用柔和酸度的黃波旁(品種)中度烘焙的咖啡豆，並根據濾掛式咖啡粉的需求選擇較為細緻的咖啡研磨度，與低溫發酵的香草莢粉末一同沖泡熱水。預期咖啡豆的風味能與香草達成平衡，香草與咖啡的比例為 5:110:1。依據上述方法產生出醇厚的咖啡風味效果，並且可以根據個人愛好適量添加牛奶以提升香氣和層次。而在包裝上，強調香草咖啡的風味特色，並以香草產地故事和永續種植的理念吸引消費者。此外，為滿足多樣需求，在香草咖啡發展後，未來亦將嘗試添加肉桂或豆蔻等香料，或根據季節推出限定風味，像冬季熱香草拿鐵和夏季冰香草冷萃等，上述創新策略不僅能增強產品多樣性，還能帶來層次豐富的風味體驗，吸引喜愛香草咖啡的消費者。

然而，咖啡的加工副產品不管是濕式加工或是乾式加工，因技術的缺乏，常被當廢料，若是咖啡種植者及加工者隨意丟棄，對生態中

水源、土壤及地被的污染日劇加重，因此必須友善的再回收利用或加工，提升道德責任與經濟，計畫中也針對咖啡果皮、咖啡果肉、咖啡花和修剪的咖啡葉片，進行有效的研發產品提升多樣化生產。

咖啡是熱帶地區最廣泛交易的農業商品之一，氣候變遷及日益不可預測的極端天氣條件正在全球範圍內威脅咖啡種植，影響其生產力、品質和價格的穩定性。為了應對這些挑戰，農民需要增強對氣候變遷影響的韌性，並減少咖啡種植對溫室氣體（GHG）排放的貢獻。本研究欲建立水土保持條件下之林下坡地咖啡栽培管理方式與智慧灌溉模組，透過智慧灌溉之驗證與智慧施作能開發氣候智慧型灌溉方法，並能將其推廣，有助於提高產量、提供更穩定的收入、確保糧食安全，並推動建立具有韌性、可持續、低排放的糧食系統。

而在咖啡經濟誘因的推動下，本計畫率先發展在水土保持區進行咖啡永續栽培的模式。然而，永續發展目標的持續發展，本研究預計透過「里山倡議」和「聯合國永續發展目標（SDGs）」的理念，結合社區參與、故事行銷、永續認證等策略，在國際市場中建立具吸引力的品牌形象，促進國際交流和推廣，以達到多元咖啡產品行銷，以及水土保持區之林下坡地咖啡永續栽培的推廣。

未來計畫將以下列具體策略進行：

(1)永續農業實踐和生態保護實踐里山倡議的生態管理模式：

在咖啡種植園中應用類似里山的生態農業方法，研擬咖啡栽培過程中使用傳統農法和自然管理技術，對於作物減少化學農藥與化肥的使用，保護土壤和水資源的健康，並且對於土壤，減少人為及耕作機具的干擾，以增加土壤有機碳儲存量，提升土壤碳匯。同時，也創造有助於當地生態的多樣化種植環境，提升自然共生性，保護當地的動

植物棲息地，以期符合 SDGs 第 11 項（建設可持續城市）和第 15 項（保護陸地生態系統）的目標。透過減少污染和保護自然資源，使咖啡生產達成 SDGs 的目標，並將永續實踐融入品牌形象，提升消費者的認同感，尤其在注重環保的國際市場中更具競爭力。

### (2)增進社區參與和經濟效益：

在本計畫研擬水土保持區進行咖啡永續栽培，並進行智慧灌溉之驗證與智慧施作之建立，以完備咖啡永續栽培並在國內或國際中進行示範推廣，以推動水土保持區咖啡永續栽培。而依據里山倡議的精神，鼓勵當地小農直接參與咖啡生產過程，如種植、收割和加工，並確保公平的經濟回報。如此，咖啡的生產不僅能提高社區的經濟收益，還能提升當地居民的技能和生活水平，其符合 SDGs 第 8 項（體面工作與經濟增長）和第 10 項（減少不平等）的目標。

### (3)文化故事和品牌塑造：

在多元咖啡產品研製後，行銷策略中強調「咖啡產地的故事」與「自然共生的理念」，將當地的文化特色、傳統農業技術以及咖啡種植過程中注重生態保護的價值融入產品敘事，形成獨特的品牌形象。例如，通過視覺和文字的呈現，展示生產過程中的人與自然和諧共處的畫面。並且推動「生態咖啡觀光」，邀請國際消費者參觀咖啡產地，讓消費者體驗咖啡的生產流程並親身感受在地文化。不僅能加深消費者對品牌的認同，也能促進國際間的文化交流。由於本計畫施行場域為屏科大水土保持教室同時具有教學和推廣的任務，可以作為水土保持參與者合作的平台。因此，本計畫以特定水保工法作為農產品的特色，成為本產品的發想，因此以「北大武山」、「智慧林下經濟」、「六星級產業示範區」、「跨域協作」、「三生、生活、生態、生產」

等概念出發，首先設計的商標及包裝圖，未來將持續進行精進及修正。

(4)數位行銷與永續認證：

未來在行銷策略中積極運用社交媒體和內容行銷，推廣品牌的永續發展理念。例如，發布關於永續農業、里山倡議、社區故事的短片、文章期刊和報導，以視覺化的方式向全球消費者展示品牌的價值觀。同時透過產品包裝或品牌網站標示對於永續發展的承諾和所達成的SDGs目標，如展示減少碳排放的數據、保護生態的具體行動，吸引注重環保的消費者群體。

(5)國際合作與推廣：

由於本計畫目標為水土保持區進行咖啡永續栽培，因此在未來進行國際推廣時，可以同時從水土保持面向以及咖啡面向積極進行國際合作及推廣，例如國際咖啡博覽會、綠色產品展覽會等活動，主動向國際市場展示屏科大水土保持區進行咖啡永續栽培的品牌永續生產模式和社會影響力。透過相關活動，與其他具有永續目標的品牌、組織或政府單位交流合作，共同推廣品牌在環保和社會責任上的努力，以提高品牌在國際上的聲譽，從而獲得更多專業資源支持，其符合SDGs第17項（建立多元夥伴的關係）的目標。2025年本計畫建立之水土保持區咖啡永續栽培亦吸引泰國土地發展署共計七員來訪，進行園區觀摩。

## 第三章 工作進度與交付項目

### 第一節 計畫甘特圖

本計畫依據 1.林下咖啡栽培環境規劃與建立；2.咖啡智慧灌溉之建立，以及 3.咖啡行銷策略之擬定，等三個方向，在國立屏東科技大學水土保持戶外教室區進行計畫執行，計畫甘特圖如圖 3-1 所示。



圖 3-1 計畫執行甘特圖

## 第二節 計畫交付項目

計畫已執行部分，依據(1)精進水土保持區林下咖啡永續栽培生產區的規劃與建立；(2)水土保持區咖啡智慧灌溉之驗證與智慧施作模組之建立；(3)多元咖啡產品研製與行銷策略之擬定等，等三個方向分述如下：

### 一、精進水土保持區林下咖啡永續栽培生產區的規劃與建立

#### (一) 1-3 月進度-咖啡栽培環境的評估與整理

咖啡栽培區環境評估實地測量，水土保持咖啡栽培示範園區已在 113 年初步建構，完成約全場域的 1/2 範圍約 3000 m<sup>2</sup>，750 棵咖啡樹(圖 3-2(a))。114 年度咖啡栽培環境評估後全場域的下半部擁有 3500 m<sup>2</sup> 範圍，已再植入 800 棵咖啡樹(圖 3-2(b)與圖 3-2(c))。113 年計畫當中新植入 750 株咖啡苗，於今年 114 年經過 1 年的栽培與示範園區的整理，目前植株高度平均已達到 120 公分以上(圖 3-3(b))。經過評估後的水保戶外教室作為咖啡的栽培環境與示範園區的評估可行性相當高(圖 3-3)。

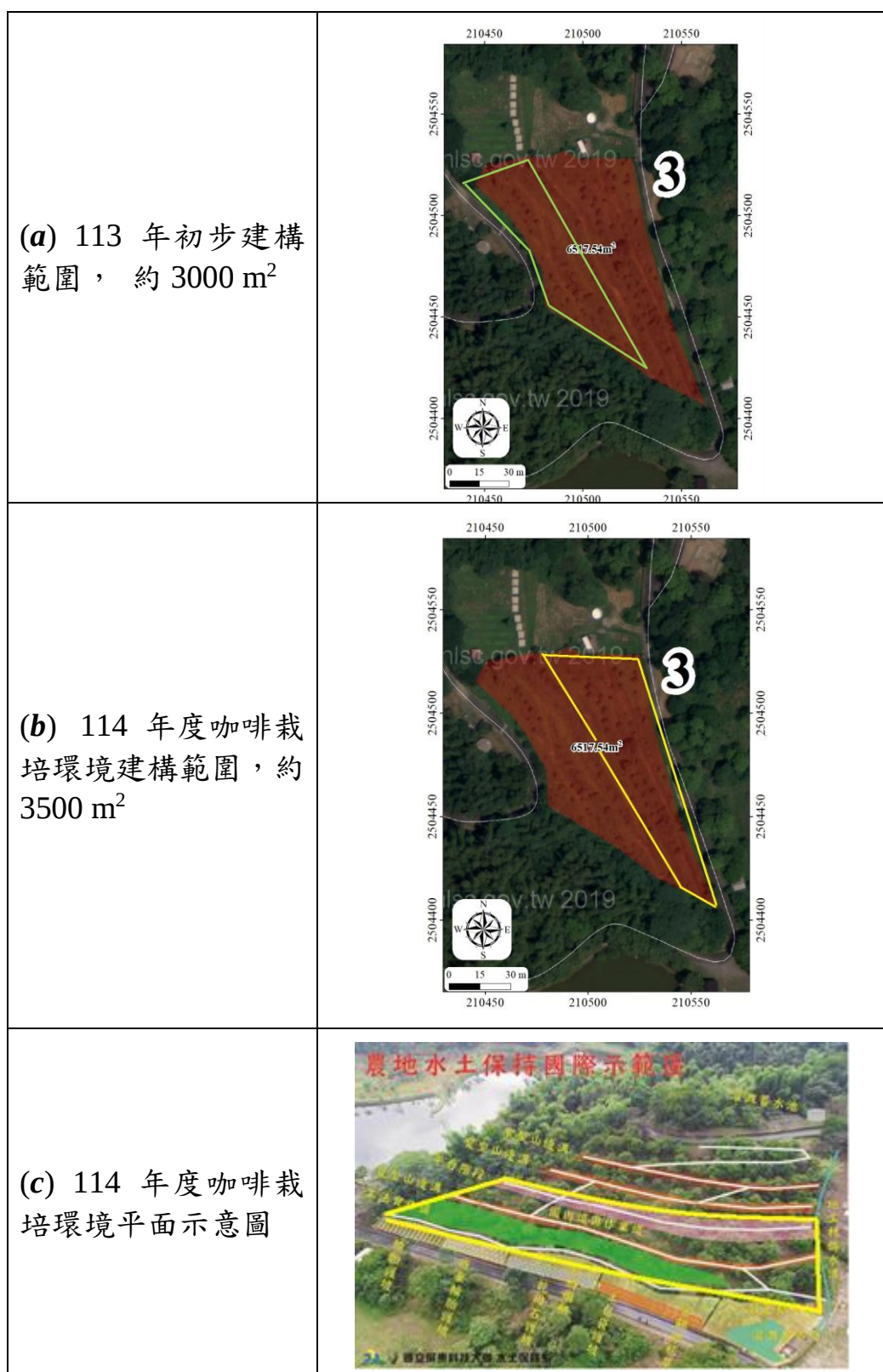


圖 3-2 水土保持咖啡栽培示範園區建構與規劃

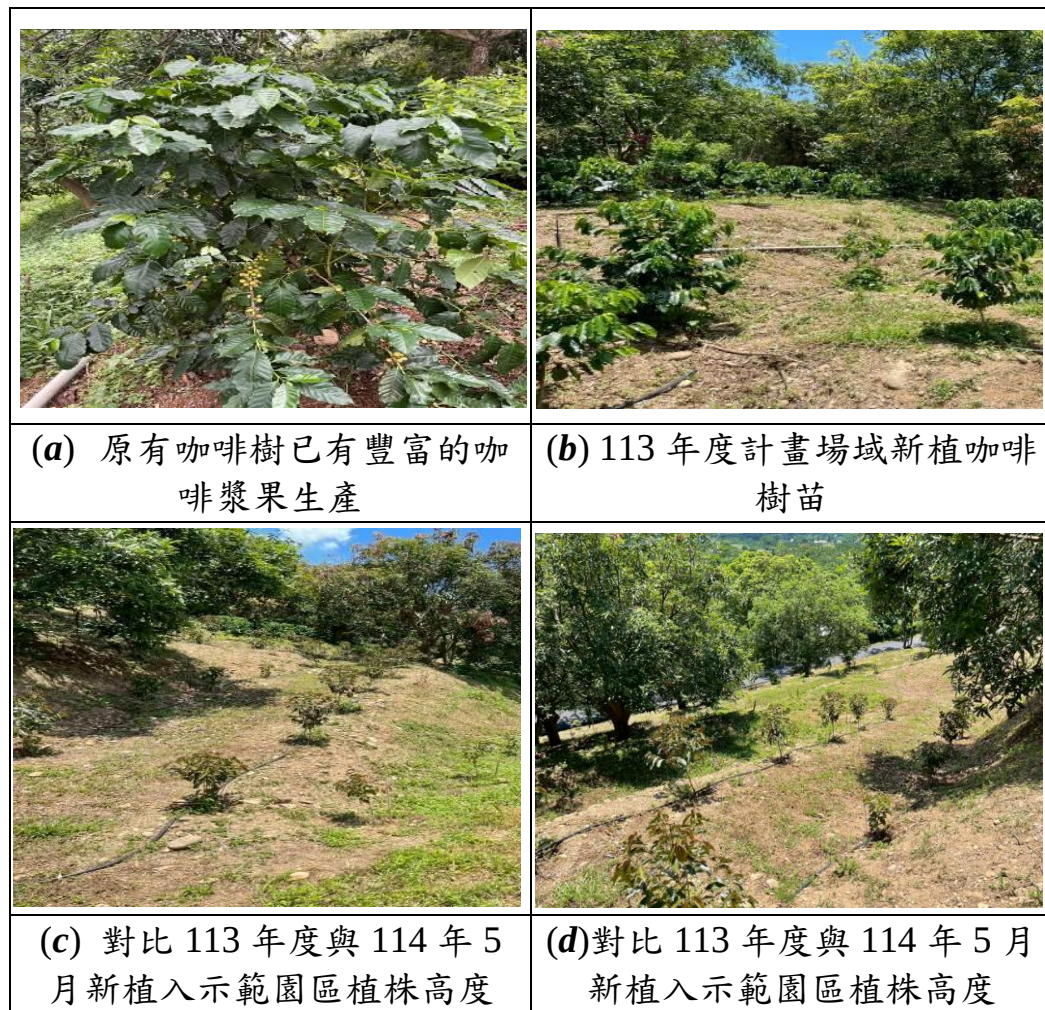


圖 3-3 咖啡栽培區植株現況

## (二) 4-6 月進度-咖啡苗的定植

評估後的場域於 114 年 1 月起在場域內的栽培區搭建咖啡種苗圃進行繁殖本次計畫需求的 800 株咖啡苗，品種上以原有的黃波旁 (Yellow Bourbon) 咖啡為主，並嘗試幾款擁有良好風味的新興咖啡品種試驗性質育苗，如藝妓 (Gesha) 咖啡品種與紫葉 (Purpurascens) 咖啡品種(圖 3-4)。

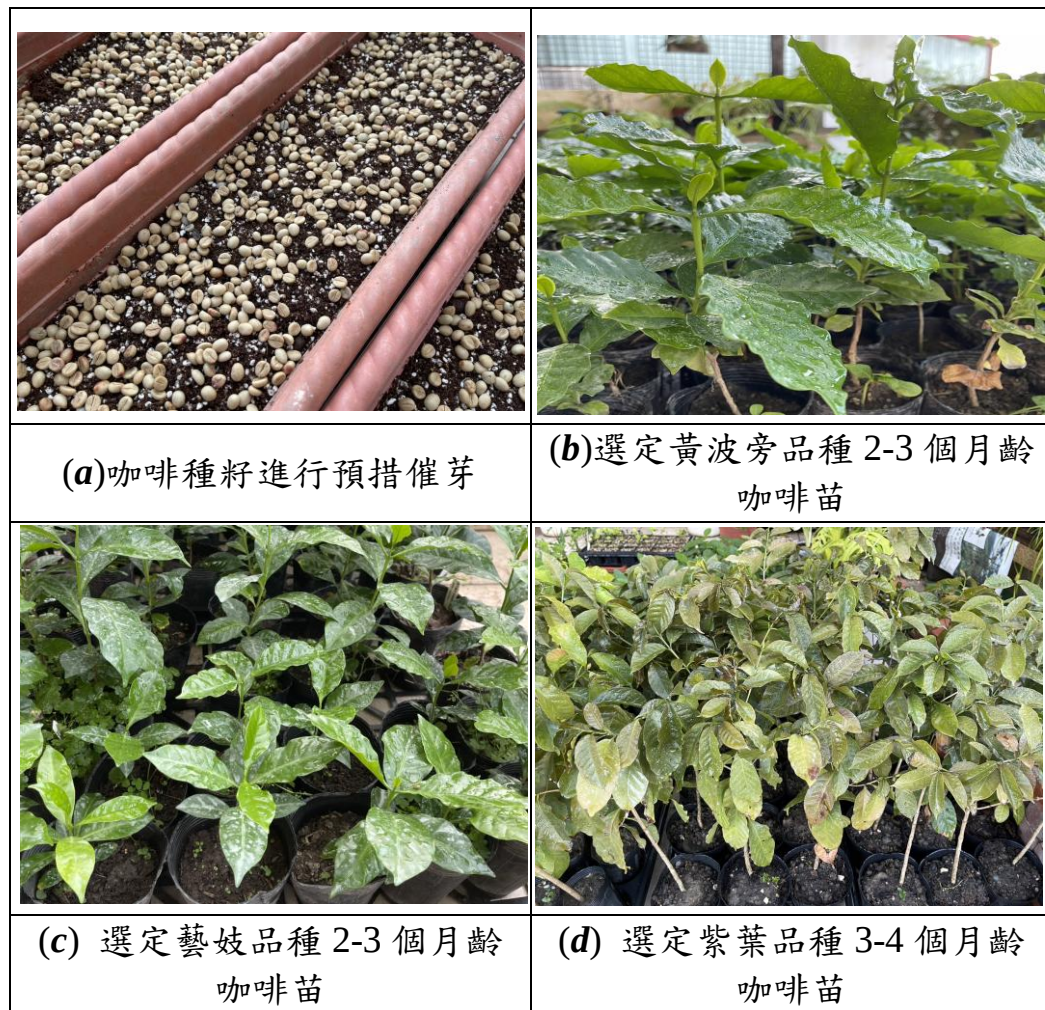


圖 3-4 咖啡栽培區苗圃規劃

水保咖啡示範栽培區環境評估量後約有 3500 米平方面積，分做 4 階段平台，每一平台以雙側種植方式，並利用水線定位標齊種植行間距離和石灰粉進行植株間距離放樣標記，行株距設定為 2 米\*2 米。並利用石灰放樣完成植株間距離之後，再使用木樁進行標定位預防栽植中途雨水沖刷石灰記號，並且木樁在咖啡苗株完成種植之後，還可以作為植株的支架，預防強風和割草機的傷害(圖 3-5)。

|                                                                                    |                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   |
| <p><b>(a)</b>測量新植行株距，以石灰粉進行記號</p>                                                  | <p><b>(b)</b>以木樁進行標立，預防雨水沖刷石灰粉</p>                                                  |
|  |  |
| <p><b>(c)</b> 咖啡苗位置行株距，並以木樁進行標立</p>                                                | <p><b>(d)</b> 咖啡苗位置行株距</p>                                                          |

圖 3-5 咖啡栽培區咖啡苗定植規劃

移植過程，從育苗區移入育成的咖啡苗株，至預定植的示範場域內放樣。此外，待咖啡栽培區石灰放樣完成，運用十字鎬將放樣的石灰地點掘鬆，再以圓鋤挖出深 25 公分、寬 25 公分的植穴，以進行咖啡苗之移植(圖 3-6)。

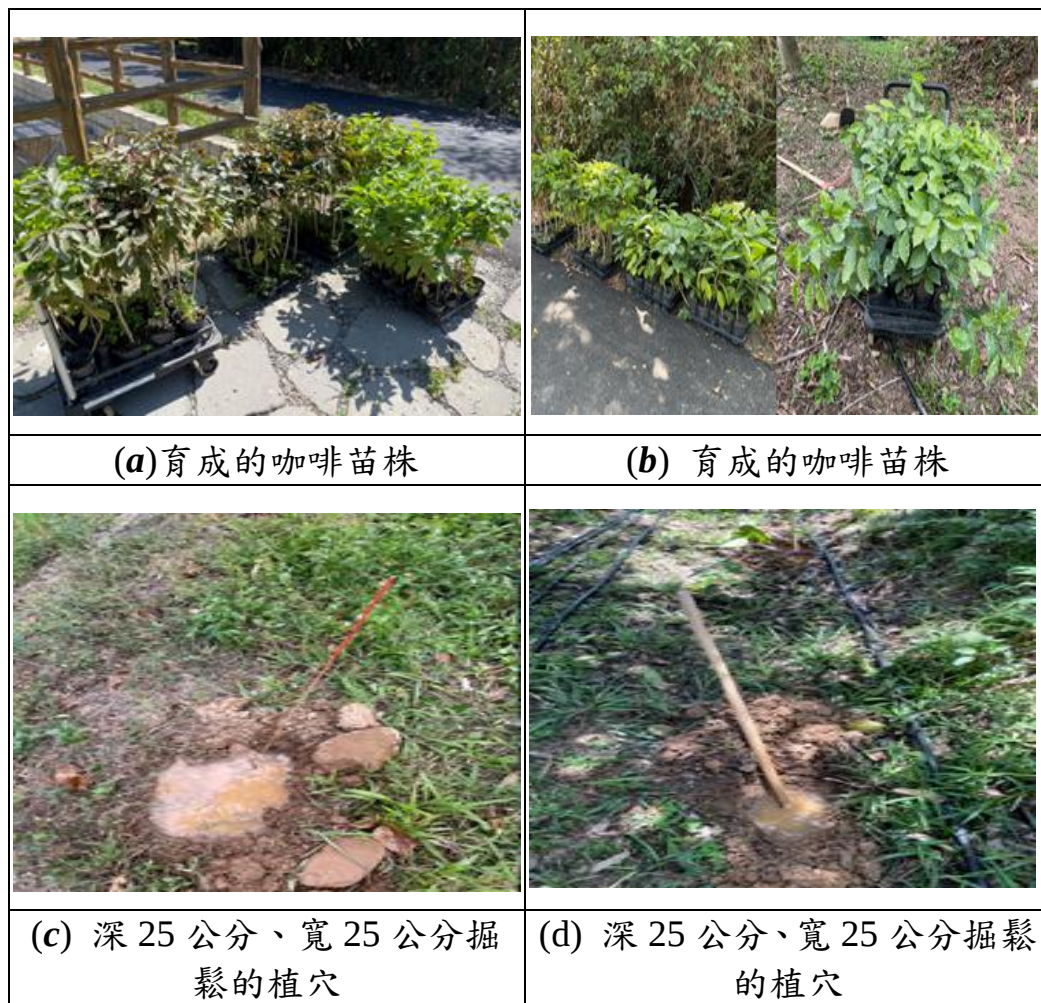


圖 3-6 咖啡栽培區咖啡苗定植施作

挖出的植穴植入育成的咖啡苗株並先進行澆灌，讓咖啡苗株根系與土壤交接，已獲得水分養分吸收，並插立木樁固定完

成。預定進度 4-5 月咖啡苗的定植進度已經全數完成 800 棵咖啡種植(圖 3-7)。

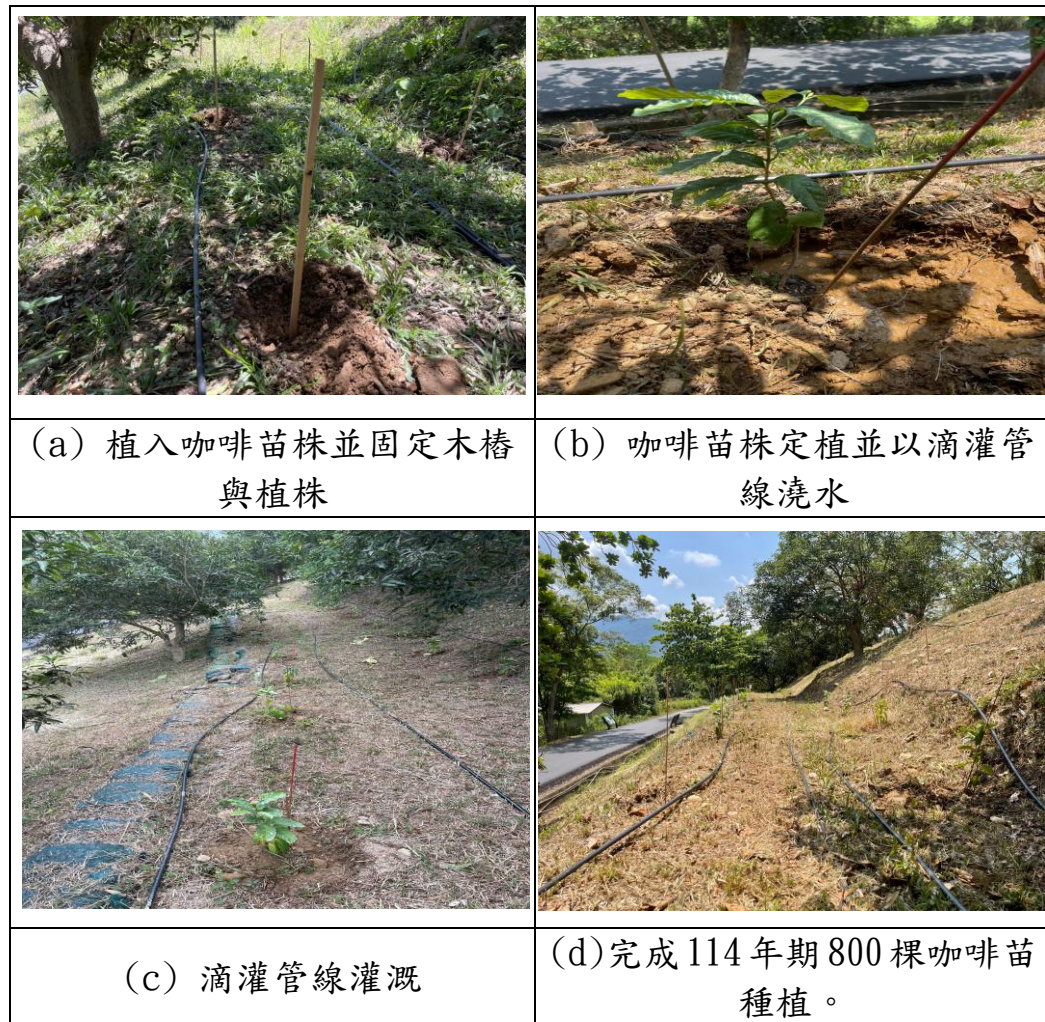


圖 3-7 咖啡栽培區咖啡苗定植現地施作

### (三) 7-9 月進度-咖啡多元產品的探討與規劃

示範園區咖啡樹進入大果期與採收期，於 11 月第一周陸續採收。收穫 2 年生紫葉、紅波旁咖啡果少許(圖 3-8、3-9)。並且觀察到植入場域的 2 年生咖啡樹，在植株下方有 1/3 區塊已經達到枝條成熟可結果的階段。在場域內除植入的 2 年生黃波旁

咖啡樹已有少量收穫漿果之外，早期種植的黃波旁咖啡成樹也已經進入大果採收期(圖 3-10)，11 月第一周採收量收穫 11 公斤，後續 50 棵成樹估計共可採收 60-70 公斤漿果。



圖 3-8 紫葉咖啡生長及採收現況



圖 3-9 紅波旁咖啡生長及採收現況



圖 3-10 黃波旁咖啡生長及採收現況

#### (四) 10-12 月咖啡多元產品的探討與規劃

此次計畫研擬對 10-11 月進行採收咖啡漿果後製時的咖啡漿果所生產的咖啡果皮和果肉進行後製發酵製成咖啡果茶、咖啡果醬等產品，進行有效的研發產品提升多樣化生產。此外，更研擬對 10-11 月進行採收咖啡漿果後製時的咖啡漿果所生產的咖啡果皮和果肉進行後製發酵製成咖啡果茶、咖啡果醬等產品，進行有效的研發產品提升多樣化生產。而以初期規劃之 1300 株咖啡之栽培管理所需之人力、苗木與成本估算，則如附錄二所載。

### (五) 咖啡的栽培與健康管理

咖啡苗生長狀態與栽培管理規劃分述如下：咖啡苗的定植後 15 天生長狀況穩定之下，施用平均值葉面液肥和廣效性抑菌劑防治病害。此外定植後 1 個月生長期狀況穩定咖啡新根系已成長與定植位置連接，可施用第一次追肥 20-20-20+TE 的有機質複合肥料每株 5 公克。栽培管理中，每個月例行苗株周圍與滴灌頭區域移除雜草，園區走道與周圍使用背負式割草機除草。並且，為避免因雜草割草作業，而使咖啡苗遭到割除，園區設立公告以及紅漆標立竹竿做記號防止割草損壞咖啡苗株與人為破壞。此外，為加強咖啡作物對抗病原菌治侵害，維護植株健康，示範園區內每個月進行咖啡植株防護性藥劑噴施(亞磷酸二氫鉀、波爾多液)。預期後續規劃，園區在咖啡樹定植後至 9 月份，咖啡植栽穩定生長時期，施放複合性肥料 20-20-20-TE，提供所需養分促進生長。並且如同前述，平均每隔 1.5 個月使用背負式除草機割草一輪每年約 4-5 次，前兩年定植時期苗株周邊以人力鋤草，以避免幼苗株遭到除草機割除。

10 月後進入果實成熟期，成熟後需分批採收，不同開花時間導致成熟期不同，平均每周採收一輪，可連續採收 8 周時間。

## (六) 咖啡漿果調製方面

時程約場域進度 11 月-隔年 1 月。進行批次採收的咖啡漿果製做後製處理，將剛採下的成熟咖啡漿果（紅果或黃果）製作成為可儲存的生豆，同時透過後製流程開始塑造風味(圖 3-11)。期中需控制的關鍵項目包括：去果皮、發酵（或不發酵）、發酵乾燥曲線（溫度、濕度、日照）與水分最終目標（生豆含水率約 11 – 12%）。其他調製方式描述如下：



圖 3-11 採收後，風乾之咖啡果乾

### 1. 日曬處理法（Natural / Dry Process ）

步驟要點：

篩選、挑除未熟、發霉果粒；攤鋪在乾棚或升高日曬床上單層攤開。定時翻動（早晚各次或每 2 – 4 小時視日照與通風），避免黴斑與局部過熱。乾燥至生豆含水率約 11 – 12% 為止（通常需數周，視天候），日曬法為傳統普遍方法，乾燥過程與翻

動管理決定品質與雜味風險(圖 3-12)。

風味發展導向：

後製完成的咖啡生豆常產生果乾風味感強、甜度高；適合在缺水或想保留果皮糖分的園區中進行製作。



圖 3-12 日曬處理咖啡豆

## 2. 水洗處理法 (Washed Process)

步驟要點：

採收後的漿果立刻洗淨，去果皮 (pulping) 以去除外果肉。把帶少量黏液的生果放入發酵槽 (或使用去黏液設備) 進行發酵以分解黏液 (36 - 48 小時或依狀況)，水洗法能去除果膠，控制發酵時間與水洗乾燥流程可調整風味清晰度。發酵完成後充分水洗，再鋪日曬床或乾棚乾燥至生豆含水率約 11 - 12% (圖 3-13)。

風味發展導向：

呈現較乾淨、明亮、酸質清晰的風味；為許多精品咖啡常用的基礎處理法。



圖 3-13 水洗處理咖啡豆

### 3.蜜處理（Honey Process）

步驟要點：

去果皮但保留部分或全部咖啡果肉(黏液 mucilage)；依果肉黏液保留比例亦可分為黑蜜、紅蜜、黃蜜等，半水洗在全球逐步流行，可節省水資源且為風味提供比水洗法更多元的路徑。直接日曬或在乾棚上乾燥，期間需頻繁翻動以避免黴變，乾至生豆含水率約 11 - 12%(圖 3-14)。

風味發展導向：

結合日曬的果香與水洗的乾淨度，甜感與濃稠感較明顯；節水且適合想要中間風格的產區。



圖 3-14 蜜處理咖啡豆

## (七) 計畫專屬咖啡豆調製方面：

後製處理完成，乾燥的咖啡帶殼生豆，經過去殼篩選後可成為綠生豆進行販售，烘焙完成的咖啡豆以烘焙豆和掛耳濾泡式的方式進行產品包裝。此次計畫嘗試運用林下栽培模式生產的天然香料，香夾蘭果莢進行後發酵乾燥與烘焙之後的咖啡豆進行等比例混和以沁潤式「窖製」香氣導入法，將香夾蘭的風味導入烘焙豆中(圖 3-15)，開發出三款水保香草咖啡豆配方進行風味研發與包裝命名。

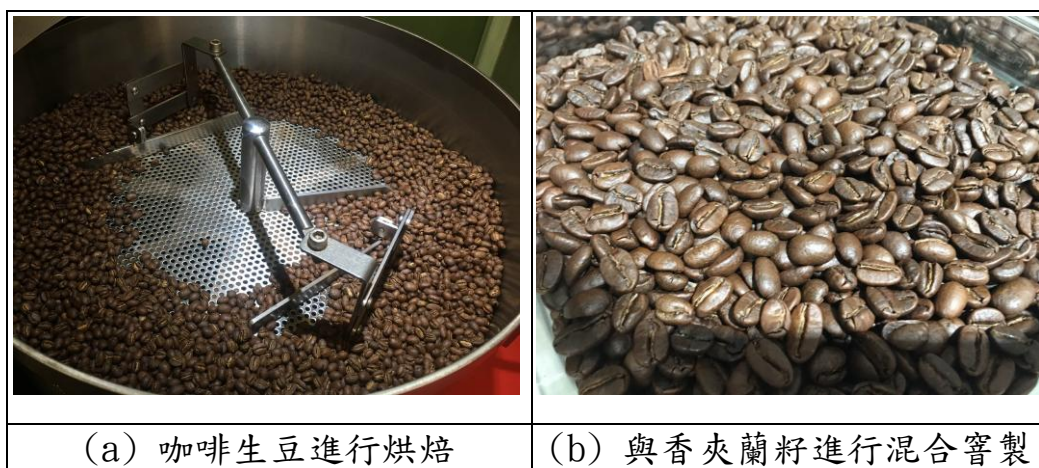


圖 3-15 咖啡生豆進行烘焙之後，再與香夾蘭籽

進行混合窖製成水保香夾蘭咖啡烘焙豆

## 二、水土保持區咖啡智慧灌溉之驗證與智慧施作之建立

### (一) 咖啡栽培環境評估與驗證

由於咖啡的生理特性與溫度限制，適合種植的區域分別在南北回歸線間，所需年雨量至少要有 100 公釐，最多不得超過 3,000 公釐；而台灣位於北回歸線地帶，台灣平均年雨量約 2500 公釐，氣候與氣溫符合咖啡生長環境。藉山坡地特性為排水性佳，坡度促進表層逕流；半遮陰特性降低日照直射強度，減少土壤水分蒸散等優點，本研究以國立屏東科技大學水土保持戶外教室為栽培地點。近年來，氣候變遷導致降雨型態不均，乾旱頻率升高，影響咖啡產量與品質，且山坡地形易造成土壤表面流失與肥分損失。

不同灌溉方式影響土壤濕潤體形狀、水分分布均勻度及根系吸收效率，進而影響產量與品質。Reyes-Cabrera *et al.* (2016) 研究指出，相較於滲灌，滴灌更為有效節水 48%。並且滴灌系統適用於坡地、砂質壤土、水源有限地區，也因為節水效益佳、高效率及減少地表逕流與侵蝕之優點，因此本研究以滴灌方法進行咖啡植栽的灌溉方法。圖 3-16 為國立屏東科技大學水土保持戶外教室咖啡植栽區域，紫色標示為一期滴灌管路架設，透過此方法進行滴灌作業，並進行生長樣態觀察，結果顯示咖啡

生長情況穩定，如圖 3-17 所示。本期以 450 棵咖啡幼苗於二期計畫內，於水土保持坡地植栽 450 棵咖啡幼苗，目前進行管路修繕、滴灌管鋪設與水源擷取，如圖 3-18 所示。

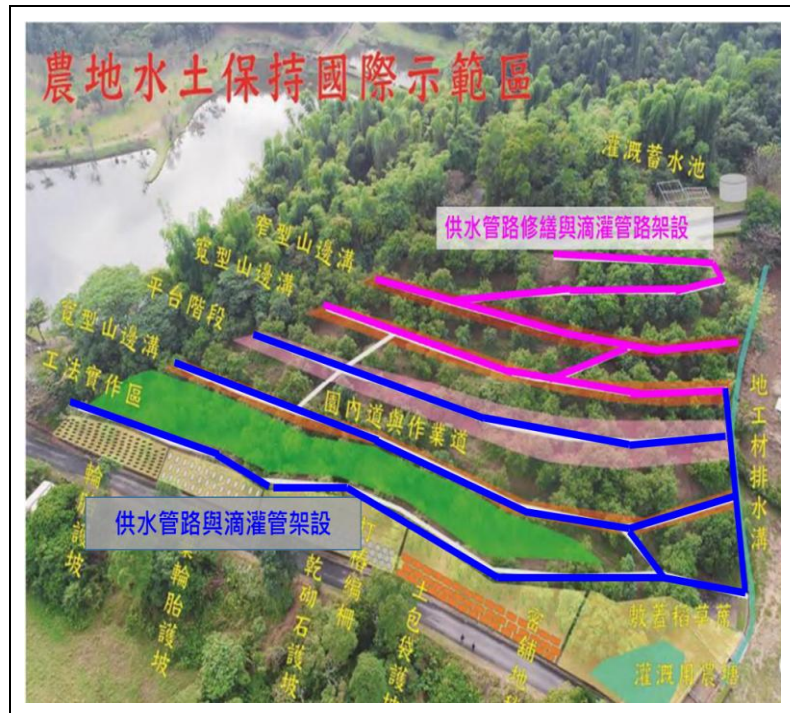


圖 3-16 國立屏東科技大學水土保持戶外教室  
咖啡植栽區域施作場域範圍



圖 3-17 咖啡生長樣態



圖 3-18 滴灌管鋪設

## (二)灌溉水源及灌溉控制

灌溉水源為本校水土保持戶外區之儲水塔，藉由電源控制電動水閥之開關進行灌溉控制。電動水閥之控制分為第一期及第二期給水區，第一給水區為供應紫色標示為一期滴灌管路架設，第二期給水區為本期以 450 棵咖啡幼苗於二期計畫內，透過滴灌管路架設進行滴灌作業，並進行生長樣態觀察，因田間電力資源有限且地形較為複雜，於現場並無電源以取用，為驅動 24 V 水閥及感測器電源提供，本計畫於閥門基座建立太陽能光電板，本計畫使用型號為 TS60-6M3-330 H1 太陽能板，最大功率為 390 W 最大功率電壓為 39.32 V，最大功率電流為 9.94 A，該型號之太陽能板能夠對電瓶進行充電，以保持 sim 卡 wifi 分享器運作及閥門電瓶電源之維持，除電瓶充電外，控制器具有 5V 輸出之功能能對於 ESP32cam 田間攝影機進行供電，如圖 3-19 所示，為咖啡田區之電動水閥及太陽能供電系統建立狀況。

本計畫所有感測器模組、sim 卡 wifi 分享器等系統都設計以 12 V 進行電源供應；水閥同樣是以兩顆 12 V 電瓶進行串聯。因此本研究以 12 V-15 AH，如圖 3-20 所示為電瓶進行運用。該電瓶為鉛酸電池具有體積小電容量高、安全等優點，對於環境有足夠耐受性，被破壞後危險性較低。將其電瓶運用於本研究

所設計之感測器模組之使用時長約為 5 天，無論氣候都能有足夠的觀測時長，且田間感測器與電瓶是以快拆接頭進行連接，於日常巡視田間能夠很容易進行更換做業，如圖 3-21 所示。



圖 3-19. 電動水閥及太陽能供電系統



圖 3-20 12 V 鉛酸電瓶



圖 3-21 12 V 鉛酸電瓶電能供應田間感測器

### (三) 網路與田間感測器佈置

田間感測器模組需要靈活性高、低耗能之特性，圖 3-22 為本研究所製作之田間量測模組，該模組已置於咖啡田區之咖啡植栽下，用以量測土壤水分及近地表之溫度；本模組另一優點為攜帶性佳，如上述，本模組以 12V 電瓶供電可維持 5 天觀測期，若需要臨時觀測田區某地區之林下環境參數，可於模組盒內放置行動電源，如圖 3-23 所示，4000mAH 之行動電源即可支援 30 小時量測時間。圖 3-24 為本計畫所架設之 sim 卡 wifi 分享機，選用此方式進行架設僅 1 張 sim 卡可支援多組訊號傳輸且可進行影像傳輸，且相較於一般 NBloT sim 卡一個模組需要一張，且無法傳輸影像。圖中所示為以田區現有之材料進行

架設，sim 卡 wifi 分享機以電瓶供電同感測器模組可維持 5 天，可用太陽能光電板進行充電，以延長分享器使用時間。



圖 3-22 田間量測模組



圖 3-23. 行動電源



圖 3-24 Wifi 分享器與 ESP32 cam 架設

#### (四) 田間數據平台與數據紀錄

本研究以 ThingSpeak、Node-red、MQTT go 等平台進行整合，ESP32 晶片將感測器所量測之訊號進行 ThingSpeak 雲端資料庫寫入並記錄；以 Node-red 將資料庫數據視覺化，並能將水閥控制與田間攝影機整合於同一個平台。本計畫透過此資料收集、處理與視覺化完成具有資料收集與處理、視覺化與通知、自動化應潛力之平台。平台之相互結合應用說明如下：

資料收集與處理：ThingSpeak 作為 IoT 資料平台，夠從各種感測器獲取實時數據，並將這些數據存儲於其雲端平台。

Node-RED 則可以通過 HTTP 或 MQTT 協議與 ThingSpeak

連接，從 ThingSpeak 讀取數據進行進一步的處理與分析，如圖 3-25 為感測器於田間所紀錄之環境參數，感測器位置為圖 22 之田間地表，由圖可知田間溫度於中午時分達到最高溫 50 度、濕度與土壤水分會因為溫度與清晨或夜晚有相關變化，同時也能記錄水閥開關時間與次數。。

視覺化與通知：ThingSpeak 提供基本的圖表來視覺化數據，而 Node-RED 可以用來建立更為複雜的控制邏輯或整合不同來源的數據。使用者可以在 Node-RED 中設定流程，將處理後的結果顯示在儀表板上。圖 3-26 左側為水閥控制介面，透過按鈕控制水閥開關，按鈕按下 VALVE OPEN，則上方 OPEN 綠燈亮，反之為 CLOSE 紅燈，透過此機制驗證按鈕作用是否正常；sw state 圖示則表示按鈕訊號送出是否成功，若按鈕發送訊號成功則 sw state 將會讀取到按鈕送到資料庫之訊號，以顯示閥門目前所讀取到訊號；下方 valve open 與 valve close 圓燈表示水閥目前狀態為何，可確認閥門作動是否正常。介面中 environment data 顯示 2 組感測模組所測得環境參數；於介面中也整合光照度與即時田間影像系統。

即時數據監控與反應：結合 Node-RED 與 ThingSpeak，可以實現即時的數據監控與反應。當某一數據頻道更新時，

Node-RED 可以立即讀取並處理該數據，並在儀表板上即時顯示。可根據數據變化執行相應的控制指令或環境監測後進行田間設備調整。

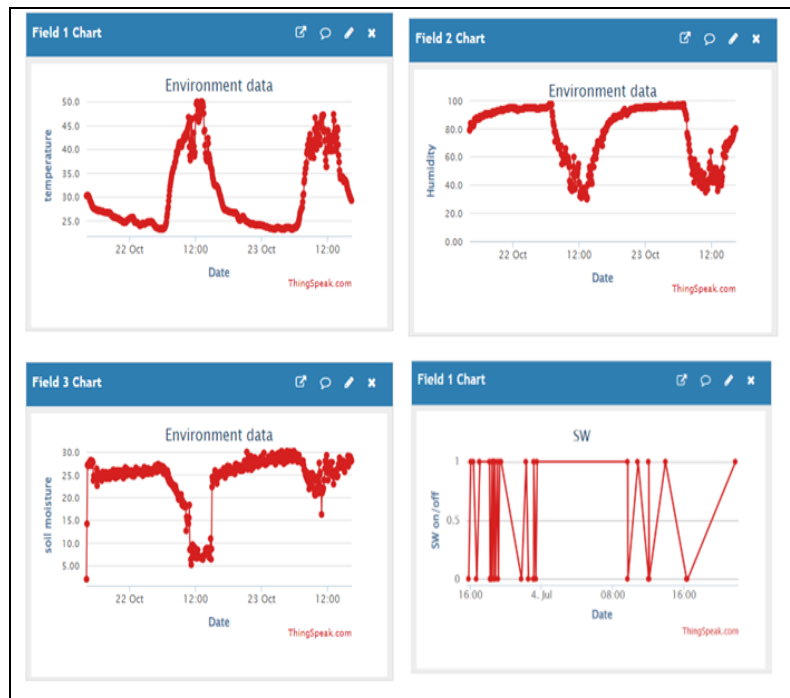


圖 3-25 ThingSpeak 資料平台

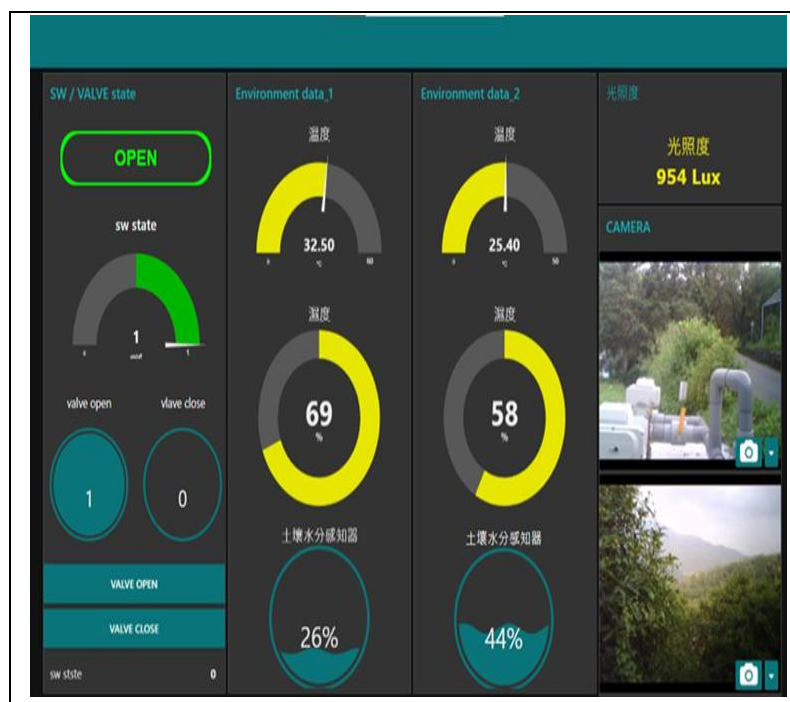


圖 3-26. 智慧型物聯網監控平台

### （五）環境資料蒐集與感測器穩定度驗證

114 年期計畫執行在建立一套可長時間運作的低功耗無線感測系統，並透過 ThingSpeak 雲端平台進行資料儲存與視覺化分析。系統核心採用 ESP32 開發板，搭配高精度的 SHT30 溫溼度感測器，並配置 12V 鉛酸電池作為獨立電源，以驗證系統在無外部供電、無人看管情境下，運作之穩定性。在資料庫架構方面，ThingSpeak 為本系統選用的雲端平台，其優點在於提供簡易的 API 串接機制、即時圖表視覺化介面以及支援 MATLAB 分析模組。研究中已於 ThingSpeak 上建立一個包含 2 個欄位的資料通道（Channel），分別記錄溫度、相對濕度，為提升資料有效性，ESP32 本體的韌體由 Arduino IDE 撰寫，若第一次上傳失敗，會延遲 17 秒後重試一次。以 ThingSpeak 資料庫的使用可大幅簡化後端資料管理與圖表製作，對於實驗記錄與報表撰寫有極大助益。

於感測器連線穩定度試驗，本研究分為 2 部分進行驗證，第一部分為連線穩定度部分，第二為獨立電源供電穩定測試。於連線穩定度部分本研究以穩定電源進行行資料傳輸測試，由於系統每筆數據上傳間隔為 15 秒，若上傳間隔設定為 15 秒時會因為時間誤差累積、網路延遲 / 封包重傳、伺服器排程與流

量限制，導致實際上傳間隔可能小於 15 秒，導致伺服器拒絕而上傳失敗，因此為避免資料上傳失誤，本研究將傳輸間隔訂為 17 秒。於資料傳輸穩定測試結果，本研究將此模組進行不斷電測試，目前測試時間已逾 180 天，累積近 10 萬筆數據並可實時監測，代表資料上傳穩定度可靠。

於獨立供電穩定本研究以獨立電源進行供電，並於戶外環境進行測試；與獨立電源相同，系統採每 17 秒鐘上傳一次，降低資料因訊號或其他封包發送原因造成的資料遺失。電池部分，起始電壓為 12V，於電量降至 4.2V 停止傳輸，實際運作結果顯示資料傳輸有效時間為 25 日，期間資料傳輸並無出現連續傳輸失敗或多筆資料遺失情況發生。

圖 3-27 與圖 3-28 為戶外架設量測溫、濕度結果，測試期間為 1 月 17 日~2 月 1 日期間，藉由圖 3-29 所示之氣象圖網站屏東每日氣溫，進行對照，量測結果與氣象測得結果接近，每日基本溫差與低溫寒流趨勢相同；對比一期夏季量測結果，本場域 10 月田間近地面高溫達 50℃，濕度每日清晨達 90%以上，如圖 3-30 所示；本次測試寒流天氣 12℃，且濕度每日清晨達 90%，模組依然穩定運行。由於環境溫度梯度變化較小，後續將延長溫度擷取間隔，以利增加量測待機時間。整體而言，系

統已具備基本的穩定性與實用性，能在不插電、不接電腦的情況下自動完成環境監測與資料上傳達 25 日，且於戶外高溫曝曬與高濕環境下仍能穩定運行。

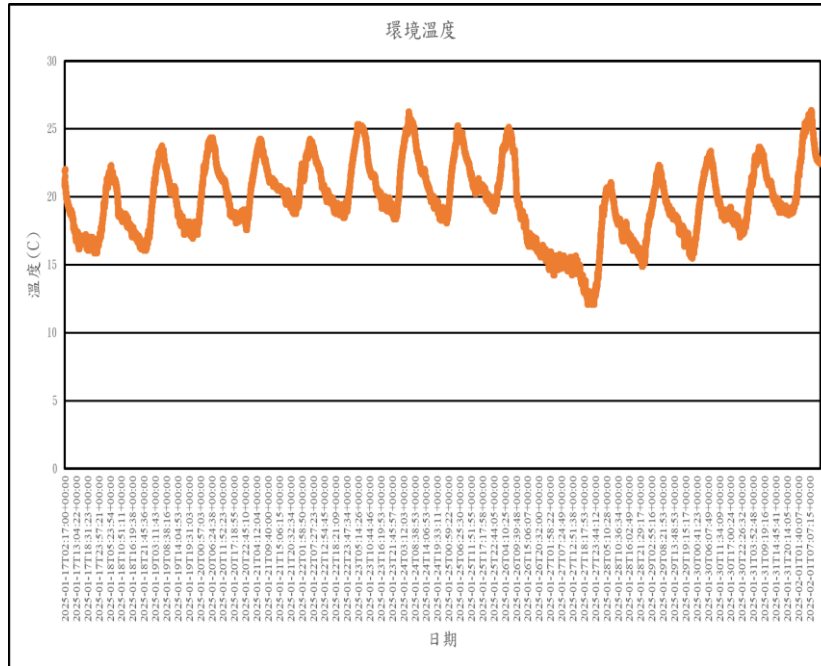


圖 3-27 模組環境溫度量測結果

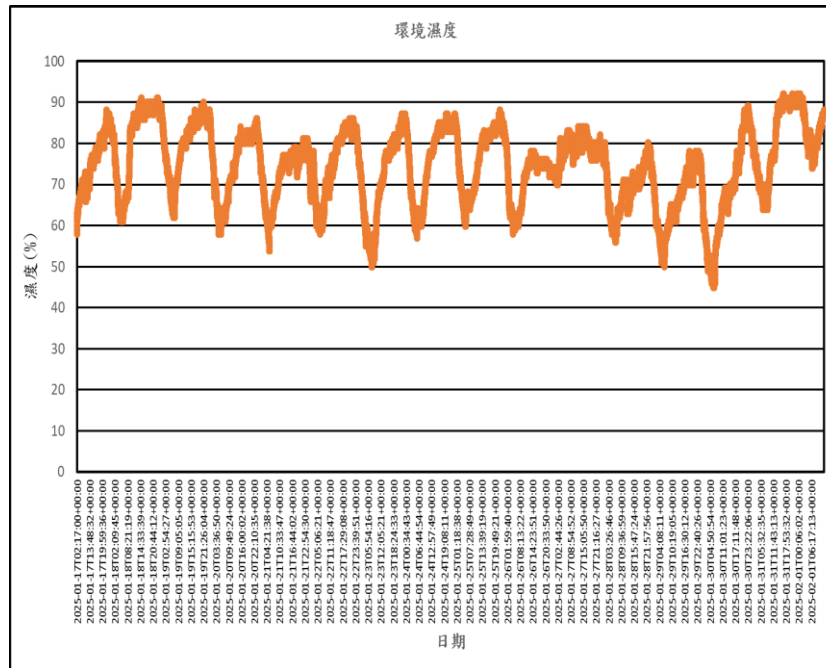


圖 3-28 模組環境溼度量測結果

| 一月 ~ 2025 ~ | 一          | 二          | 三          | 四          | 五          | 每日 →       |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 日           | 一          | 二          | 三          | 四          | 五          | 六          |
| 29          | 30         | 31         | 1          | 2          | 3          | 4          |
| 22°<br>13°  | 27°<br>17° | 24°<br>19° | 24°<br>19° | 21°<br>18° | 21°<br>17° | 24°<br>15° |
| 5           | 6          | 7          | 8          | 9          | 10         | 11         |
| 25°<br>17°  | 26°<br>16° | 23°<br>14° | 25°<br>17° | 24°<br>17° | 22°<br>14° | 22°<br>14° |
| 12          | 13         | 14         | 15         | 16         | 17         | 18         |
| 23°<br>13°  | 22°<br>12° | 24°<br>17° | 20°<br>15° | 21°<br>14° | 21°<br>13° | 21°<br>16° |
| 19          | 20         | 21         | 22         | 23         | 24         | 25         |
| 24°<br>16°  | 24°<br>16° | 24°<br>16° | 25°<br>20° | 26°<br>19° | 25°<br>17° | 25°<br>18° |
| 26          | 27         | 28         | 29         | 30         | 31         | 1          |
| 24°<br>16°  | 16°<br>13° | 22°<br>11° | 21°<br>12° | 23°<br>15° | 23°<br>17° | 26°<br>18° |

圖 3-29 2025 年 1 月每日溫度

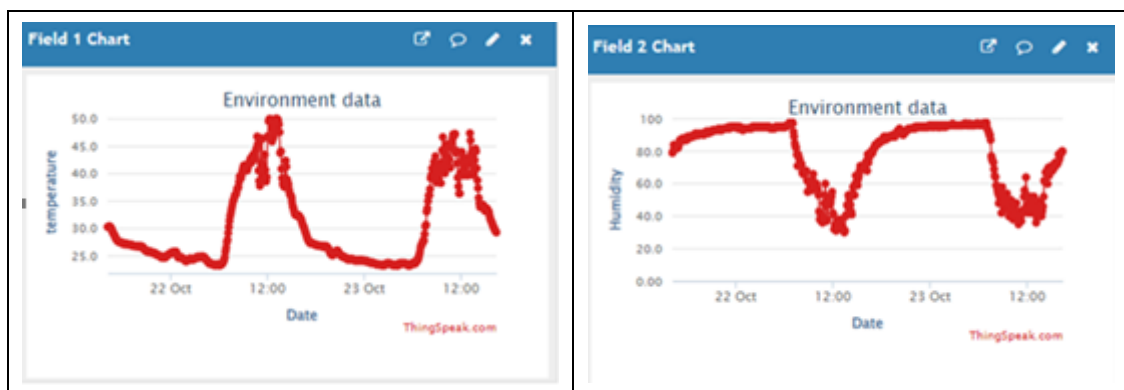


圖 3-30 2024 年 10 月 22 日近地溫度與濕度

參考文獻：

Reyes-Cabrera, J., Zotarelli, L., Dukes, M. D., Rowland, D. L., & Sargent, S. A. (2016). Soil moisture distribution under drip irrigation and seepage for potato production. *Agricultural water management*, 169, 183-192.

### 三、多元咖啡產品研製與行銷策略之擬定

為推動咖啡永續栽培的模式，需加上符合永續生產的咖啡製品提

出多元行銷計畫為促進水土保持坡地的經濟利用，除現地的樹林或是果樹外，高經濟價值的林下作物的產出對農民非常重要。

#### (一) 咖啡多元產品的探討與規劃

因此，水土保持教室選擇咖啡作為試驗作物，咖啡的風味物候條件有關。為了農民的產物能更具有競爭力，本研究選擇另外一種高經濟價值的香莢蘭與水土保持教室的咖啡搭配。咖啡豆後製處理完成後，乾燥的咖啡帶殼生豆，經過去殼篩選後可成為綠生豆進行販售。烘焙完成的咖啡豆以烘焙豆和掛耳濾泡式的方式進行產品包裝。此次計畫嘗試運用林下栽培模式生產的天然香料，香莢蘭果莢進行後發酵乾燥與烘焙之後的咖啡豆進行等比例混和以沁潤式「窖製」香氣導入法，將香莢蘭的風味導入烘焙豆中，流程如圖 3-31 所示。本計畫後續將開發出以下三款水保香草咖啡豆配方進行風味研發與包裝命名。



圖 3-31 香草咖啡配方配製流程

研擬水保香草咖啡產品送樣審評 2025ITCE 國際咖啡品鑑

大會與產品類型定位、行銷上架咖啡烘焙豆產品類型：

**CA1 水保香草咖啡豆 (淺中烘焙)**

適用單品研磨萃取，風味導向清爽果香、香草發酵、蜂蜜甜感。

**CA2 水保香草咖啡豆 (中度烘焙)**

適用單品研磨萃取，風味導向香草莓果、香甜酸、奶油滑順。

**CB2 水保香草經典配方咖啡豆 (中深烘焙)**

適用義式咖啡沖煮，成為香草拿鐵配方豆使用，取代市面上添加香草糖漿方式的香草拿鐵。

此外，此次計畫研擬對 10-11 月進行採收咖啡漿果後製時的咖啡漿果所生產的咖啡果皮和果肉進行後製發酵製成咖啡果茶(圖 3-32)、咖啡果醬(圖 3-33)等產品，進行有效的研發產品提升多樣化生產。




**品名:** 水保香草咖啡櫻桃果茶

**成分:** 咖啡櫻桃果乾,精緻香夾蘭糖

**重量:** 150g/袋 (15小包)

**製造日期:** 請詳見包裝

**保存期限:** 未開封2年

**保存方式:** 密封放置冷涼處或冷藏5度

**客服專線:** 08-7703202 #7175

**製造產地:** 屏東縣內埔鄉老埤村學府路1號

(天然素材,無添加防腐劑,人工色素,香精)

| 營養標示       |        |          |
|------------|--------|----------|
| 每一份量 10 公克 |        |          |
| 本包裝含 15 份  |        |          |
|            | 每份     | 每 100 公克 |
| 熱量         | 31 大卡  | 207 大卡   |
| 蛋白質        | 0.0 公克 | 0.1 公克   |
| 脂肪         | 0 公克   | 0 公克     |
| 飽和脂肪       | 0 公克   | 0 公克     |
| 反式脂肪       | 0 公克   | 0 公克     |
| 碳水化合物      | 7.7 公克 | 51.5 公克  |
| 糖          | 6.2 公克 | 41.6 公克  |
| 鈉          | 1 毫克   | 5 毫克     |

圖 3-32 發酵乾燥完成的咖啡櫻桃果進行混合香英蘭糖  
分裝成浸泡袋包裝，製成咖啡果茶




**品名:** 水保香草咖啡櫻桃果蜜

**成分:** 黑糖,咖啡漿果,檸檬,冰糖  
咖啡花蜜,香夾蘭

**重量:** 145g±5g

**製造日期:** 請見瓶身

**保存期限:** 未開封2年

**保存方式:** 開封後請放置冷藏5度

**客服專線:** 08-7703202 #7175

**製造地:** 屏東縣內埔鄉老埤村學府路1號

(天然素材,無添加防腐劑,人工色素,香精)

| 營養標示         |        |          |
|--------------|--------|----------|
| 每一份量 14.5 公克 |        |          |
| 本包裝含 10 份    |        |          |
|              | 每份     | 每 100 公克 |
| 熱量           | 31 大卡  | 207 大卡   |
| 蛋白質          | 0.0 公克 | 0.1 公克   |
| 脂肪           | 0 公克   | 0 公克     |
| 飽和脂肪         | 0 公克   | 0 公克     |
| 反式脂肪         | 0 公克   | 0 公克     |
| 碳水化合物        | 7.7 公克 | 51.5 公克  |
| 糖            | 6.2 公克 | 41.6 公克  |
| 鈉            | 1 毫克   | 5 毫克     |

圖 3-33 將發酵乾燥完成的咖啡櫻桃果乾和香英蘭  
進行加熱混合研發出咖啡果醬產品

## (二) 產品包裝與設計

屏科大水土保持教室同時具有教學和推廣的任務，可以作為水土保持參與者合作的平台，以特定水土保持工法下林下經濟的農產品的特色，成為本產品的發想。因此，承襲前期計畫構想，以「北大武山」、「智慧林下經濟」、「六星級產業示範區」、「跨域協作」、「三生、生活、生態、生產」等概念出發，首先設計的商標草稿圖示如圖 3-34，並且標示其烘焙程度與香氣描述(圖 3-35)。

圖 3-34(A)中，商標設計的意象，包含「北大武山」和「智慧林下經濟」，在屏科大水土保持教室剛好就是面向大武山，透過智慧灌溉系統，在芒果樹下生產咖啡；圖片中的天空、山、水、坡地代表了農工不同領域的「跨域協作」；六顆小星星代表這是「六星級產業示範區」，從一星的生產、二星的加工、三星的創價加值，希望讓消費者可以從中感受到，優質農產品可以改變消費者生活、農村生產、最終讓生態有正向循環的三生目標。



圖 3-34 水保香草咖啡包裝設計打樣第一版

|                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>CA1</b><br/><b>水保香草</b><br/><b>咖啡豆</b><br/>NPUST Sustainable<br/>Vanilla Coffee<br/>R 焙度 ●●○○○</p>     | <p>屏科大 水保戶外教室<br/>Water Conservation Outdoor<br/>Classroom of NPUST<br/>黃波旁Yellow Bourbon<br/>日曬Natura Process<br/>重量 13.5g 充氮<br/>香草酯,柑橘,水蜜桃果乾,蜂蜜焦糖甜,<br/>奶油般滑順,尾韻伯爵紅茶,餘韻細緻<br/>甜美 EXP.20260712</p> |
| <p><b>CA2</b><br/><b>水保香草</b><br/><b>咖啡豆</b><br/>NPUST Sustainable<br/>Vanilla Coffee<br/>R 焙度 ●●●○○</p>     | <p>屏科大 水保戶外教室<br/>Water Conservation Outdoor<br/>Classroom of NPUST<br/>紅波旁Red Bourbon<br/>日曬Natura Process<br/>重量 13.5g 充氮<br/>香草酯,柑橘,水蜜桃果乾,蜂蜜焦糖甜,<br/>奶油般滑順,尾韻伯爵紅茶,層次乾淨<br/>順口 EXP.20260712</p>    |
| <p><b>CB2</b><br/><b>水保香草經典</b><br/><b>配方咖啡豆</b><br/>NPUST Sustainable<br/>Vanilla Coffee<br/>R 焙度 ●●●○○</p> | <p>屏科大 水保戶外教室<br/>Water Conservation Outdoor<br/>Classroom of NPUST<br/>紅波旁Red Bourbon<br/>日曬Natura Process<br/>重量 250g<br/>香草可可豆,啤酒花,桂圓果乾,<br/>太妃糖甜感,奶油堅果般滑順<br/>EXP.20260712</p>                   |

圖 3-35 水保香草咖啡包裝商品風味標示

同時水保香草咖啡產品送樣審評 2025ITCE 國際咖啡品鑑大會與產品類型定位、行銷上架，參與競賽之咖啡烘焙豆產品類型：

CA1 水保香草咖啡豆 (淺中烘焙)-適用單品研磨萃取，風味導向清爽果香、香草發酵、蜂蜜甜感。

CA2 水保香草咖啡豆 (中度烘焙)-適用單品研磨萃取，風味導向香草莓果、香甜酸、奶油滑順。

CB2 水保香草經典配方咖啡豆 (中深烘焙)-適用義式咖啡沖煮，成為香草拿鐵配方豆使用，取代市面上添加香草糖漿方式的香草拿鐵。

而針對產品包裝與設計之後，本計畫亦針對產品銷售進行規劃分析：

#### 1. 目標市場分析：

- 年輕族群：偏好創新、設計與社群分享、具有個人主義。
- 商務族群：偏好效率、品質穩定性、招待客人。
- 健康意識者：尋求低咖啡因、有機、純天然產品、重視環保。

水保香草咖啡可以針對商務族群和不喜歡人工香精的客群。

#### 2. 品牌故事與價值傳遞：

-強調產地特色:如台灣本土的咖啡，不同海拔和栽培條件改變咖啡豆的風味。台灣從日治時期引入咖啡苗後開始在中低海拔的山區栽培，重新開始商業栽培以雲林古坑、台南東山最為知名，但丘陵氣候會讓咖啡豆的風味較單一，成為台灣產咖啡的缺點，但如阿里山等溫差大的較高海拔地區，台灣的淺焙精品咖啡、具有花果香，致力於咖啡生豆加工處理的改良，提升最終烘豆的風味。

-結合社會企業或環保理念:最近氣候變遷影響各生產國的咖啡生豆產量，國際咖啡價格上升，咖啡在台灣已經成重要的日常食品，台灣國產咖啡成本較高，必須要成為金字塔頂端的優質農產品才能維持農民的收益。

### 3. 渠道行銷策略：

目前計畫成果初步已與屏科大員生合作社為主要銷售渠道。此外，更參加食品展推廣，例如：2025 台北國際食品系列展(Food Taipei Mega Shows)(圖 3-36)與 2025 東元企業的商品洽談會。推廣水保香草咖啡(圖 3-37)等。

### (三) 咖啡多元產品的施作

咖啡不僅是全球重要的飲品，更已轉型為文化、創意與經濟融合的產業。近年來，市場對咖啡多樣性與創新產品的需求

日益增長，帶動從「農場到杯子」的整體價值鏈變革，因此台灣本土的咖啡要在世界上具有競爭力，除了價格外，提升精品咖啡的印象，方能平衡成本競而獲利。因此，多元產品的類型大致如下：

1.傳統飲品類包括：黑咖啡（濾泡、義式、手沖）；牛奶咖啡（拿鐵、卡布奇諾、瑪奇朵），冷萃咖啡、氮氣咖啡……等。

2. 即飲與加工品類包括：即溶咖啡、咖啡膠囊、咖啡調味牛奶、咖啡汽水。

3. 延伸應用類包括：咖啡甜點（咖啡布丁、咖啡蛋糕、咖啡冰淇淋）；咖啡酒精飲（咖啡啤酒、咖啡利口酒）；咖啡保養品（去角質、護手霜）；咖啡香氛產品（蠟燭、擴香）。

4. 創意跨界產品包括：咖啡與地方文化結合（如加入在地食材、文創設計包裝）、咖啡主題旅遊與體驗（咖啡農場體驗、烘焙 DIY）。

而如前述，本計畫亦將發展多元產品「風味咖啡」或稱「調和咖啡」進行。「風味咖啡」或稱「調和咖啡」是將香料與咖啡豆混和，本研究已著手研擬使用香莢蘭中香草醛的風味，多元開發咖啡產品。此外，咖啡的加工副產品不管是濕式加工或

是乾式加工，因技術的缺乏，常被當廢料，若是咖啡種植者及加工者隨意丟棄，對生態中水源、土壤及地被的汙染日劇加重，因此必須友善的再回收利用或加工，提升道德責任與經濟，計畫中也針對咖啡果皮、咖啡果肉、咖啡花和修剪的咖啡葉片，進行有效的研發產品提升多樣化生產。



圖 3-36 2025 台北國際食品系列展(Food Taipei Mega Shows)



圖 3-37 2025 東元企業的商品洽談會。推廣水保香草咖啡

#### (四) 2025ITCE 國際咖啡品鑑大會績效

ITCE 國際茶咖啡品鑑大會評選機制是由專業品鑑師團隊進行 QDA（定量描述分析）以評估感官品質，同時透過 CATA / RATA（選擇適合/ 強度項目法），邀請來自各餐飲領域的專業人士與風味愛好者參與品飲，建構多元視角的感官資料。如此的雙軌設計，讓 ITCE 所揭示的品質標準不僅具備專業深度，更體現市場語境下的消費者感受，提供感官品質全新的觀點指標。以及表彰兼具工藝精神與品質成果的優異產品，並頒發具指標性的優質獎章。

今年度的精進國際水土保持區計畫，亦研發三款極具特色的香草咖啡豆參與競賽(圖 3-20)，比賽成績獲得評審一致的青睞。三款產品的其中二款獲頒卓越風味獎章 Excellence in Taste Award，授予風味表現出眾、具有感官特徵與風格辨識度極佳之作品，展現出明確個性，並具有鮮明市場性之作品，而另一款則獲頒優選良品獎章 Preferred Choice Award 頒發予整體品質優良、穩定性高且具消費接受度之產品，其風味清晰易於推廣，獲得高度推薦，感官報告中，將會針對每件送評的產品透過評審的感官分析，並透過 CATA / RATA（選擇適合/ 強度項目法）描述產品的感官品質與品飲經驗，藉此了解產品開發上的定位與成果。競賽成績及評比說明如附錄三，競賽得獎證書及照片如圖 3-38 所示。



圖 3-38 2025 競賽得獎證書及照片

(五) 國際水土保持及智慧農業生產示範區外賓觀摩績效

114 年度迄 10 月共計有 10 個公民營機構，208 人次進行參訪，其中包括國中小學童、分署同仁，以及泰國土地發展署共計七員來訪等(表 3-1)。充分展現本計畫目的為兼顧水土保持功能下，讓水土保持區域仍能兼具有三生(生活、生態，以及生產)功能而進行整體規劃之示範場域，已逐漸受大眾所重視。目前計畫進行已從前期設計規劃，林下種植栽培管理、智慧滴灌管線鋪設，至今實際生產並研發部分商品，以及參加相關展售及競賽，相關成果逐漸受到重視，初步達成當初規劃之願景。

表 3-1 外賓觀摩示範區辦理情形

|                                                                                     |                                   |                                                                                      |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 時間                                                                                  | 114.2.27                          | 人數                                                                                   | 7 人 |
| 單位                                                                                  | 1.台北分署<br>2.農村美學計畫團隊<br>3.新竹大屯山休區 |                                                                                      |     |
|   |                                   |   |     |
|  |                                   |  |     |
|  |                                   |  |     |

|    |          |    |      |
|----|----------|----|------|
| 時間 | 114.5.13 | 人數 | 30 人 |
| 單位 | 林保署台東分署  |    |      |



A wide-angle photograph of a large conference room. Participants are seated at long tables arranged in a U-shape, facing a presentation screen at the front. The room has a high ceiling with exposed wooden beams and fluorescent lighting. A man is standing at the front near the screen, possibly presenting. There are water bottles and a kettle on the tables.



A photograph showing a presenter standing at a podium on the left side of the room, addressing the audience. The audience is seated at tables, and a large presentation screen is visible in the background displaying a slide with text. The room has a high ceiling with exposed wooden beams and fluorescent lighting.



A photograph of the audience seated at tables. A woman in a light blue shirt is standing and interacting with the audience. The presentation screen at the front displays a landscape image. The room has a high ceiling with exposed wooden beams and fluorescent lighting.



A photograph showing a group of people standing and clapping at the end of the presentation. The audience is seated at tables, and the presentation screen is visible in the background. The room has a high ceiling with exposed wooden beams and fluorescent lighting.

|                                                                                     |           |                                                                                      |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 時間                                                                                  | 114.6.6   | 人數                                                                                   | 40 人 |
| 單位                                                                                  | 崇文國小 6 年級 |                                                                                      |      |
|    |           |    |      |
|   |           |   |      |
|  |           |  |      |

|                                                                                     |             |                                                                                      |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 時間                                                                                  | 114.6.23    | 人數                                                                                   | 44 人 |
| 單位                                                                                  | 六龜國小 5、6 年級 |                                                                                      |      |
|    |             |    |      |
|   |             |   |      |
|  |             |  |      |

|    |                   |    |     |
|----|-------------------|----|-----|
| 時間 | 114.7.8           | 人數 | 8 人 |
| 單位 | 農業部農村發展及水土保持署臺南分署 |    |     |













|                                                                                     |          |                                                                                    |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 時間                                                                                  | 114.8.15 | 人數                                                                                 | 35 人 |
| 單位                                                                                  | 高雄市立南隆國中 |                                                                                    |      |
|    |          |  |      |
|  |          |                                                                                    |      |

|                                                                                     |                   |                                                                                      |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 時間                                                                                  | 114.9.2           | 人數                                                                                   | 30 人 |
| 單位                                                                                  | 農業部農村發展及水土保持署臺北分署 |                                                                                      |      |
|    |                   |    |      |
|   |                   |   |      |
|  |                   |  |      |

|                                                                                     |          |                                                                                      |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 時間                                                                                  | 114.9.26 | 人數                                                                                   | 7 人 |
| 單位                                                                                  | 泰國土地發展署  |                                                                                      |     |
|    |          |    |     |
|   |          |   |     |
|  |          |  |     |

## 第四章 結論及建議

### 第一節 結論

本研究欲建立水土保持條件下之林下坡地咖啡栽培管理方式與智慧灌溉模組，以及深具咖啡栽培、加工生產、智慧灌溉、展示觀摩空間與推廣教室之水土保持管理示範區，建立在水土保持條件下兼顧經濟生產與生態多樣平衡之實務可行性參考案例，帶動從「農場到杯子」的整體價值鏈變革，更讓水土保持條件下之林下坡地深具三生(生活、生態、生產)的功能。此外，同時可評估不同管理方式對邊坡水土保持、土壤碳匯及減排之效益，不僅符合國家十年內之淨零排放政策，同時兼具聯合國之永續發展目標(SDGs)。在林下坡地咖啡栽培管理方式中，將建立咖啡的栽培管理模組，並從 1. 精進水土保持區林下咖啡永續栽培生產區的規劃與建立；2. 水土保持區咖啡智慧灌溉之驗證與智慧施作之建立，以及 3. 多元咖啡產品研製與行銷策略之擬定，三個方向進行計畫執行。

在水土保持區林下咖啡栽培環境規劃與建立中，目前已規劃整體場域進行種植，栽培面積約 7500 平方公尺，並全面種植預估可達 1550 株咖啡，部分配合水土保持坡地已有的芒果成樹為林蔭式栽培。於 113 年度計畫種植的咖啡植栽已達 120 公分以上的高度，顯見水保戶外教室作為咖啡的栽培環境與示範園區的評估可行性相當高。而在水

土保持區咖啡智慧灌溉之建立中，現已陸續完成以種植咖啡植栽的平台滴灌管鋪設，以及進行供水測試。此外，更將相關感測器進行裝設及測試，其記錄結果與氣象測得結果接近，每日基本溫差與低溫寒流趨勢相同。此外，在咖啡行銷策略之擬定中，為推動咖啡永續栽培的模式，本研究提出多元行銷計畫及成品以促進水土保持坡地的經濟利用，增加高經濟價值的林下作物的產出。目前共完成水保香草咖啡掛耳濾泡式咖啡的研製，以及包裝設計的打樣。未來更將進行咖啡果葉茶的研製。

## 第二節 建議

本研究欲建立水土保持條件下之林下坡地咖啡栽培管理方式與智慧灌溉模組，以及深具咖啡栽培、加工生產、智慧灌溉、展示觀摩空間與推廣教室之水土保持管理示範區，以建立在水土保持條件下兼顧經濟生產與生態多樣平衡之實務可行性參考案例，亦即擁有三生功能之水土保持條件下之林下坡地。未來，將持續精進在咖啡栽培管理模組的規劃，以達到智慧栽培的境地，包括栽培管理的智慧化發展、採收調製、發酵加工，以及相關生產與加工的管理流程標準化。而在智慧灌溉模組中，將持續監測及驗證，以調控影響咖啡種植及咖啡豆品質的環境變數，期待以物聯網（IoT）的應用蒐集環境參數，對作

物、土壤、用水、肥控制進行智慧管，收集數據後上傳並建立資料庫，並結合相關生育期及栽培施作管理規律，未來期待得以提供農場主咖啡樹成長與環境變化的關係的預測模型。期待在中長期發展後，相關管理模式修正並確立後，亦將評估林下坡地咖啡栽培智慧灌溉管理方式進行土壤碳匯及減排之效益，以期有效達到「減量」、「增匯」、「循環」、「綠趨勢」的農業淨零排放目標。使水土保持條件下之林下坡地得以提升經濟生產、生態多樣平衡，以及土壤碳增匯之實務可行性。

## 附錄

### 附錄一、期初及期中審查意見暨回覆

| 項次          | 審查意見                            | 回覆辦理情形                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 期初報告內容審查意見： |                                 |                                                                                                                                                                                                                                     |
| 一           | 增加咖啡示範區碳匯及減排效益的定量分析，補充與國家政策的對應。 | 感謝委員提點！我國的淨零政策中，提出 12 項關鍵戰略作為 2050 淨零排放目標的路徑，其中第 9 項『自然碳匯』為農業部主責的關鍵戰略。其中推動策略及措施包含加強森林經營、強化土壤管理方式，以及建構負碳農法。而本計畫之水土保持的咖啡示範區即建構在此推動策略及措施。此外，咖啡作物的合理化施肥下的減排效應在茶及飲料作物改良場的研究中已予以驗證，惟其碳匯效應的評估仍無相關研究進行。本計畫將邀請森林碳匯專家一同進行咖啡示範區碳匯及減排效應的定量分析研議。 |
| 二           | 強調智慧農業技術的創新性和應用範例，結合市場導向策略。     | 本研究中智慧農業的技術主要在於咖啡植株智慧滴灌技術的創新與應用，在後續計畫的延續中，將觀察其在咖啡植株栽培管理上的效應。而由於咖啡屬常綠灌木或小喬木，屏科大水土保持戶外教室的咖啡示範園區屬於混林農業 (agri-sylviculture)，其原則是森林和農作混合，讓森林植物維持環境的多樣性，經濟作物                                                                              |

| 項次 | 審查意見                                                                       | 回覆辦理情形                                                                                                                                                                      |
|----|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                                                            | 增加農民收益。因此，屏科大水土保持戶外教室的發展逐漸形成一個 agri-sylviculture 混林農業的模式，在水土保持良好的山坡地，種上合適的果樹，除了現有的芒果樹外，依據樹冠層的高低，栽培次樹冠層的咖啡樹。因此，未來在智慧滴灌技術的效應驗證後，未來將可針對相關經濟果樹的混林種植提供一個栽培管理的利器，未來將可積極推廣，極具應用價值。 |
| 三  | 補充國際水保示範區設計標準，提升國際合作的參考價值。                                                 | 感謝寶貴意見，將於今年成果報告中提出水保示範區的設計準則，提升國際合作之價值。                                                                                                                                     |
| 四  | 請說明本案可對接本署之政策內容。                                                           | 本計畫可對接之施政主軸為：防災及農村發展教育推廣，厚植多元能量，營造安居樂業農村，促進人文友善社會，主題性亮點營造，透過跨域合作機制與平臺，建構水土保持智慧咖啡示範區，促進水土保持戶外教室整體活化再生，以達建設富麗新農村之目標。                                                          |
| 五  | 本署與國合會有技術合作，目前正推動友邦國家(如聖露西亞)之農村產業提升計畫，請蒐集相關國賀會推動之農業計畫，並分析未來於屏科大場域可能推動之合作案。 | 混林農業對台灣的山坡地可以增加生物多樣性，土壤的為生物多樣性，從 SDGs 的角度做到對環境友善的成果，透過微生物增加黃碳，不同樹冠層的植物增加單位面積植物生物量，咖啡也是巴西等國家混林農業的農產品，我們使用在水土保持教室是十分合適的。                                                      |

| 項次 | 審查意見 | 回覆辦理情形                                                                                                                                                                                                                               |
|----|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |      | <p>同樣的對於友邦國家聖露西亞的環境，考量友邦國家的農業技術，並且為了保護聖露西亞的天然環境，混林農業可以不用破壞性的開墾山坡地，同時點狀的栽培具有經濟價值的農作物在森林內，利用森林的多樣性減少病蟲害、減少化肥的使用，維持山坡地的天然利用。</p> <p>目前國際咖啡的市場中有一種就是 Fair trade coffee 公平貿易咖啡，我們可以依據公平貿易咖啡的認證條件，讓混林農業栽培的咖啡具有標章識別性，有助於推廣於對於環保保育支持的群眾。</p> |

| 項次          | 審查意見                                                                                                                                                            | 回覆辦理情形                                                                                                                                                                   |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 期中報告內容審查意見： |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                          |
| 馮正一委員       |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                          |
| 一           | <p>本計畫目的在於精進延續去年已執行之坡地水土保持下的林下經濟作物栽培與智慧農業應用，結合咖啡栽培、智慧灌溉、感測資料蒐集與行銷推廣，整體規劃具系統性。期中階段已完成咖啡栽培環境規劃、感測設備部署與多元產品研發，並參與食品展覽與實體販售，顯示執行成果佳。智慧滴灌系統亦展現自動化能力等，作為一水土保持示範區。</p> | <p>感謝委員稱許！本計畫目的在於兼顧水土保持功能下，讓水土保持區域仍能兼具有三生（生活、生態，以及生產）功能而進行整體規劃之示範場域。目前計畫進行已從前期設計規劃，至今實際生產並研發部分商品，以及參加相關展售及競賽，相關成果豐碩，初步達成當初規劃之願景。未來除持續維持水土保持三生之示範區之外，更將朝發揮智慧滴灌系統之自動化精</p> |

| 項次    | 審查意見                                           | 回覆辦理情形                                                                                                                                               |
|-------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                | 進，以期透過智慧管理提升咖啡品質。                                                                                                                                    |
| 二     | 建議量化分析智慧感測數據以建立環境參數與咖啡品質間之關聯性。                 | 感謝委員提點！本計畫建設初期除進行相關咖啡植栽的布設規劃及生產之外，更著手進行滴灌系統之建立。待滴灌系統完備，並且咖啡植株穩定生長及生產後，計畫延續的下個步驟即為量化分析智慧感測數據，建立環境參數與咖啡品質間之關聯性。                                        |
| 三     | 建議統計節水效益或參訪人數等，更能展現示範成果。                       | 感謝委員提點！由於今年度係以鋪設智慧滴灌系統管線為主，且114年度雨水充分，因此相關滴灌用水比例較低，僅於咖啡植株種植時進行滴灌使用，未來將實際記錄相關用水需求，並與咖啡慣行用水量進行比較。此外，114年度迄10月共計有10個公民營機構，共208人次進行參訪，其中包含泰國土地發展署共計七員來訪。 |
| 尹孝元委員 |                                                |                                                                                                                                                      |
| 一     | 智慧灌溉與 IoT 目標在方法與結論雙重描述，整併為一張流程圖（感測→判斷→灌溉→資料倉儲） | 感謝委員提點！由於今年度係以鋪設智慧滴灌系統管線為主，以確認在水土保持示範園區的滴灌系統可行性，並嘗試記錄相關感測設備資訊。未來將結合 IoT 的方式，與智慧灌溉在咖啡慣行用水量進行比較。並且待設備技術成熟之後，將會其匯整為流程圖，以利推廣之用。                          |

| 項次    | 審查意見                                             | 回覆辦理情形                                                                                                                                                                                                       |
|-------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 二     | 建議補充系統穩定性／校準流程；設定節水率、產量、品質指標等量化關鍵項目。             | 感謝委員提點！由於今年度係以鋪設智慧滴灌系統管線為主，且114年度雨水充分，因此相關滴灌用水比例較低，僅於咖啡植株種植時進行滴灌使用。未來將實際記錄相關用水需求，探討系統穩定性／校準流程，並且設定節水率、產量、品質指標等量化關鍵項目的成效，並與咖啡慣行用水量進行比較。                                                                       |
| 三     | 里山經濟結合水保示範具示範性；建議與行銷活動綁定「成效指標」（參訪人次、合作店數、年營收／訂單） | 感謝委員提點！本計畫建設初期依據里山經濟概念，進行相關咖啡植栽的布設規劃及生產之外，更著手進行滴灌系統之建立。待滴灌系統完備，並且咖啡植株穩定生長及生產後，進行實際生產並研發部分商品，以及參加相關展售及競賽，相關成果豐碩，初步達成當初規劃之願景。未來除持續維持水土保持三生之示範區之外，更將朝發揮智慧滴灌系統之自動化精進，以期透過智慧管理提升咖啡品質。明年度計畫中，將在品質穩固下，結合行銷活動進行成效評估。 |
| 林奕嘉委員 |                                                  |                                                                                                                                                                                                              |
| 一     | 建議以本計畫推動智慧農業生產行銷之過程及成果，研擬相關手冊，提供其他單位或參訪外賓學習。     | 感謝委員提點！由於今年度係以鋪設智慧滴灌系統管線為主，以確認在水土保持示範園區的滴灌系統可行性，並嘗試記錄相關感測設備資訊。未來將結合IoT的方式，與智慧灌溉在進行探討。待設備技術成熟之後，將會其匯整為流程圖，並研擬相關手冊，提供其他單位或參訪外賓學習。以利推廣之用。                                                                       |
| 二     | 建議建立場域建置過程中所需人力、材料、成本清單，並追蹤參訪人次、合作通路、營收等成效。      | 感謝委員提點！相關初步估算將附於期末報告中以資參考。惟本計畫今年度係以鋪設智慧滴灌系統管線為主，以確認在水土保持示範                                                                                                                                                   |

| 項次 | 審查意見 | 回覆辦理情形                                     |
|----|------|--------------------------------------------|
|    |      | 園區的滴灌系統可行性，因此相關栽培管理與成本清單等仍屬估算階段，尚無法提供精確數字。 |

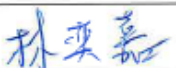
**農業部農村發展及水土保持署**  
**114 年度創新研究計畫期中審查意見表**

|                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 壹、計畫名稱：精進國際水土保持示範區及智慧農業生產行銷                                                                                                                                                                                                           |
| 貳、審查委員(請簽名)：                                                                                                                                         |
| 參、審查意見(請勾選)：                                                                                                                                                                                                                          |
| <input type="checkbox"/> 無異議通過 <input checked="" type="checkbox"/> 通過，審查意見如下： <input type="checkbox"/> 不予通過，審查意見如下：                                                                                                                   |
| <p>本計畫目的在於精進延續去年已執行之坡地水土保持下的林下經濟作物栽培與智慧農業應用，結合咖啡栽培、智慧灌溉、感測資料蒐集與行銷推廣，整體規劃具系統性。期中階段已完成咖啡栽培環境規劃、感測設備部署與多元產品研發，並參與食品展覽與實體販售，顯示執行成果佳。智慧滴灌系統亦展現自動化能力等，作為一水土保持示範區。</p> <p>建議量化分析智慧感測數據以建立環境參數與咖啡品質間之關聯性。</p> <p>建議統計節水效益或參訪人數等，更能展現示範成果。</p> |

農業部農村發展及水土保持署  
114 年度創新研究計畫期中審查意見表

|                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 壹、計畫名稱：精進國際水土保持示範區及智慧農業生產行銷                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 貳、審查委員(請簽名)：<br><div style="text-align: center; font-size: 1.2em; color: blue;">尹孝元</div>                                                                                                                                                                                                  |
| 參、審查意見(請勾選)：<br><input type="checkbox"/> 無異議通過 <input checked="" type="checkbox"/> 通過，審查意見如下： <input type="checkbox"/> 不予通過，審查意見如下：<br>1. 智慧灌溉與 IoT 目標在方法與結論雙重描述，整併為一張流程圖（感測→判斷→灌溉→資料倉儲）<br>2. 建議補充系統穩定性/校準流程；設定節水率、產量、品質指標等量化關鍵項目。<br>3. 里山經濟結合水保示範具示範性；建議與行銷活動綁定「成效指標」（參訪人次、合作店數、年營收/訂單） |

**農業部農村發展及水土保持署**  
**114 年度創新研究計畫期中審查意見表**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 壹、計畫名稱：精進國際水土保持示範區及智慧農業生產行銷                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 貳、審查委員(請簽名)：                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 參、審查意見(請勾選)：<br><div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div> <input type="checkbox"/> 無異議通過         </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> 通過，審查意見如下：         </div> <div> <input type="checkbox"/> 不予通過，審查意見如下：         </div> </div> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建議以本計畫推動智慧農業生產行銷之過程及成果，研擬相關手冊，提供其他單位或參訪外賓學習。</li> <li>2. 建議建立場域建置過程中所需的人力、材料、成本清單，並追蹤參訪人次、合作通路、營收等成效。</li> </ol> |

| 項次          | 審查意見                         | 回覆辦理情形                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 期末報告內容審查意見： |                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 一           | 對於產生變質咖啡包販賣，對於專利移轉是否有需要補充說明。 | <p>感謝委員提點！</p> <p>關於變質咖啡包的問題，恐需先行探討發生原因，並同時研擬配討策略。發生原因包含潮濕環境、氧化作用、沖泡水質不佳，以及沖煮方式錯誤等，從保存儲藏、飲用水建議、沖煮流程標準化，以及咖啡品評教育等方面進行改善。另，有關香草咖啡，係依據三個香莢蘭專利相關技術建立(I899415、I878776，以及申請案號：202527842)，以調味咖啡的技術，彌補低海拔咖啡風味稍顯不足之處，目前調製香草咖啡的技術已經成熟，具備申請城專利的新穎性和進步性。而相關專利移轉的部分，目前主要是由於香草咖啡的競賽成果耀眼，吸引部分香莢蘭與咖啡業者青睞，主動洽談配方與採後調製的技術轉移部分。由此可見，在兼顧水土保持的前提下，只要妥善的栽培管理，以及作物選擇正確，不僅可以提高水土保持成效，更可增加林下經濟邊際效應，達到『三生』（生產、生活、生態）的臺灣永續農業與農村發展的核心理念，兼顧保障農民生計與生活品質，並維護生物多樣性與環境生態平衡，形成一個「三生共榮」的永續發展模式。</p> |
| 二           | 本案以水保示範區進行咖啡種植未見與水保之關聯。      | <p>感謝委員提點！</p> <p>全世界各國近幾年來均開始思考如何在水土保持的前提下，大規模的結合林下經濟。例如：埃塞俄比亞的社區森林恢復與碳計畫、肯亞的Shamba農林系統、海地的分發樹苗，引導其納入生產系統，以及農林複合經營模式等。本試驗計畫進行之基</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

| 項次 | 審查意見                                  | 回覆辦理情形                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                       | <p>地係在等高耕作的芒果樹下進行咖啡樹種植，對於水土保持有「正向加乘」的效果，例如複層根系抓地力：芒果的深根系，如同「大釘子」固定深層土體；咖啡的淺根系，如同「織網」固定表層 30 公分的土壤。兩者結合能有效減少雨水直接沖刷造成的「表土流失」。；截留雨水：芒果的大樹冠先減緩雨滴動能，下層的咖啡樹再次阻擋，最後地表有雜草，能讓雨水緩慢滲透，避免形成地表逕流造成土壤流失。並且在如此咖啡農林混植系統（Coffee Agroforestry Systems）中，利用咖啡增加地表的遮陰程度，適當減弱雨滴對土壤的直接衝擊、增加表土粗糙度，也提高雨後水分的入滲量（更少水分以表面徑流形式流失）。並且也因為遮陰改變地表微氣候，進一步提升土壤含水量與降低侵蝕。過去研究指出，如此變化提升系統的水分利用效率與乾季抗旱能力：降低蒸發與蒸散不僅有助於減少水分損失，也讓土壤能保留更多水分於降雨後，有助於植物吸水並在短期乾季維持地表覆蓋和根系健康，有利長期防止暴雨侵蝕。綜合上述，利用咖啡樹進行水土保持區的農林混植，不僅減少地表徑流與侵蝕，更也提高土壤入滲與增加土壤碳庫。不僅改善地表水土保持性能，使農業生產與環境保育達到雙贏。</p> |
| 三  | <p>香草咖啡成果亮眼，後續若穩定推廣，預估年產量及產值大概多少？</p> | <p>感謝委員提點！<br/>本計畫基地之水保戶外教室場域共種植1550棵咖啡樹，其產量預估每棵咖啡樹平均產能3kg果實/樹，依咖啡果實轉換生豆比例約為（果重</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

| 項次 | 審查意見                              | 回覆辦理情形                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                   | <p>6:生豆1) 約可生產0.5 kg生豆/樹。亦即園區1550棵咖啡果實產能約4.65 公噸，約生豆 775 kg。而其產值實務上的產品配比規劃（濾泡式與精品），生豆 775 kg烘製成烘焙豆約660公斤。如以70%濾掛咖啡、30%精品咖啡豆，其產值分別為：濾掛（462 kg）約 46,200包，其產值X60元=2,772,000元；精品烘焙豆（198kg，約 872包 227g半磅），其產值X600元=523,200元，合計產值：約3,295,200元/年。</p> |
| 四  | <p>本案未來推廣至一般農民使用之可行性如何所需花費多少？</p> | <p>感謝委員提點！<br/>本計畫基地之水保戶外教室場域共種植 1550 棵咖啡樹的建置成本約為 367500 元，其一年所需之栽培管理成本約為 292000 元，詳細細目如下表：</p>                                                                                                                                                |

| 項次 | 審查意見 | 回覆辦理情形            |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |
|----|------|-------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|    |      | <b>建立期成本（一次性）</b> |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |
|    |      | 成本項目              | 估算區間（NT\$）                            | 說明                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |  |
|    |      | 苗木採購（1550 棵）      | 232,500                               | 單棵 NT\$150，藝妓、黃波旁、紫葉）1 年苗齡                                                                                                                                                                                                                                          |  |  |
|    |      | 整地與放樣人力           | 5000                                  | 山坡地整地放樣 2 人工                                                                                                                                                                                                                                                        |  |  |
|    |      | 栽植人工與挖植穴人力        | 20000                                 | 10 人工時                                                                                                                                                                                                                                                              |  |  |
|    |      | 基礎灌溉與儲水設施         | 100000                                | 設置滴灌管路管線、滴滴、簡易蓄水或抽水設備                                                                                                                                                                                                                                               |  |  |
|    |      | 病蟲害基本防治設備與肥料      | 10000                                 | 噴藥器材、農肥料                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |
|    |      | 小計（建立期）           | 367500                                |                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |
|    |      |                   |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |
|    |      | <b>年度經營成本（每年）</b> |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |
|    |      | 成本項目              | 估算區間（NT\$）                            | 說明                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |  |
|    |      | 肥料施用（3－5 輪／年）     | 12000                                 | 氮磷鉀複合肥料與有機質肥料分次追肥                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |
|    |      | 病蟲害防治             | 10000                                 | 咖啡樹病蟲害等例行防治                                                                                                                                                                                                                                                         |  |  |
|    |      | 修剪整枝與更新人力         | 20000                                 | 造型修剪、主幹更新、枝條管理 10 人工時                                                                                                                                                                                                                                               |  |  |
|    |      | 除草覆蓋與行間管理         | 20000                                 | 除草機油耗、人工、覆蓋物 10 人工時                                                                                                                                                                                                                                                 |  |  |
|    |      | 灌溉維護與耗材           | 5000                                  | 管材維修、濾網、泵浦保養                                                                                                                                                                                                                                                        |  |  |
|    |      | 採收人工（分批手摘）        | 120000                                | 依產量而變，多次採收，60 人工                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |
|    |      | 採後處理資材（床網架）       | 40000                                 | 製作水洗、蜜、日曬處理資材、乾燥床架搭設 100 米平方                                                                                                                                                                                                                                        |  |  |
|    |      | 行政、運輸與雜支          | 20000                                 | 基本管理、場內交通、清潔維護                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |
|    |      | 小計（年度）            | 292000                                |                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |
|    |      | 五                 | 如後續有計畫延續可換其他果樹嘗試，多有不同種類收集數據分析可推廣農作生產。 | 感謝委員提點！<br>除咖啡之外，可可 (Cocoa)亦是可供選擇之果樹。屏東地區常見「檳榔下種植可可」，此一種植方式於芒果樹下同樣可行。此外，可可產值高，且與咖啡一樣喜歡遮陰之林蔭環境。<br>另外，除果樹之外，低海拔芒果林下還有幾種「耐蔭性強」且「產值高」的作物可供選擇，例如：薑黃 (Turmeric)：極度耐蔭，且芒果施肥時薑黃也能吸收。薑黃素含量高者（如秋鬱金）市場需求大，收穫後土壤翻動也有助於芒果根系通氣；香茅蘭 (Vanilla)：目前單價極高的作物，需要攀附樹幹生長，且芒果林下的半陰環境與高濕度非常 |  |  |

| 項次 | 審查意見                                         | 回覆辦理情形                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                              | 適合香莢蘭的生長。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 六  | 想了解咖啡樹根系是否真的能有助水土保持，栽種面積建議多少？是否有其他作物也適合這樣載種？ | <p>感謝委員提點！</p> <p>(1.)本計畫基地在等高耕作的芒果樹下進行咖啡樹的種植，對於水土保持有「正向加乘」的效果，例如：</p> <p>1.複層根系抓地力：芒果是深根系植物，如同「大釘子」般固定深層土體；而咖啡是淺根系作物，有如「織網」固定表層 30 公分的土壤。兩者結合能有效減少由雨水直接沖刷造成的「表土流失」。</p> <p>2.截留雨水：芒果的大樹冠先減緩雨滴動能，下層的咖啡樹再次阻擋，最後地表有雜草，能讓雨水緩慢滲透，避免形成地表逕流造成土壤流失。</p> <p>(2.)在芒果林下間作咖啡（尤其是黃波旁）的種植密度，不宜密植，否則易通風不良而易生病蟲害。因此建議密度為行株距保持 2 公尺 × 2 公尺以上。並且避開芒果樹的主幹，種植在芒果樹冠外緣（滴水線）附近。如此咖啡既能分配到芒果樹施肥的餘利，又能獲得適度的斑駁陽光。</p> <p>(3.)除咖啡之外，低海拔芒果林下還有就「耐蔭性強」、「產值高」，且『截留雨水』的選擇下亦有下列作物可選擇：</p> <p>(a)薑黃 (Turmeric)：極度耐蔭，且芒果施肥時薑黃也能吸收。薑黃素含量高者（如秋鬱金）市場需求大，</p> |

| 項次 | 審查意見 | 回覆辦理情形                                                                                                                                                                     |
|----|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |      | <p>收穫後土壤翻動也有助於芒果根系通氣。</p> <p>(b)香莢蘭 (Vanilla)：目前單價極高的作物，需要攀附樹幹生長，且芒果林下的半陰環境與高濕度非常適合香莢蘭的生長。</p> <p>(c)可可 (Cocoa)：屏東地區常見「檳榔下種植可可」，此一種植方式於芒果樹下同樣可行。可可產值高，且與咖啡一樣喜歡遮陰之林蔭環境。</p> |

附件

## 114 年度創新研究計畫期末成效評核表(發文版)

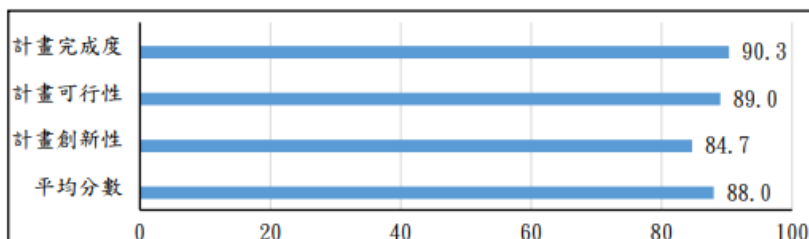
一、計畫編號：114 農再-1.1.1-1.1-保-001(4)

二、計畫名稱：精進國際水土保持示範區及智慧農業生產行銷

三、計畫執行機關：國立屏東科技大學

四、計畫主持人：李明熹教授

## 五、期末聯合審查評核問卷統計



## 六、審查意見：

- (一)對於產生變質咖啡包販賣，對於專利移轉是否有需要補充說明。
- (二)本案以水保示範區進行咖啡種植未見與水保之關聯。
- (三)香草咖啡成果亮眼，後續若穩定推廣，預估年產量及產值大概多少？
- (四)本案未來推廣至一般農民使用之可行性如何所需花費多少？
- (五)如後續有計畫延續可換其他果樹嘗試，多有不同種類收集數據分析可推廣農作生產。
- (六)想了解咖啡樹根系是否真的能有助水土保持，栽種面積建議多少？是否有其他作物也適合這樣栽種？

## 七、計畫主辦單位期末評核結果

|     |                                                                                                         |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 請勾選 | <input checked="" type="checkbox"/> 通過，相關建議如上項說明                                                        |
|     | <input type="checkbox"/> 修正後通過，修正事項如上項建議<br>說明：_____                                                    |
|     | <input type="checkbox"/> 不予通過，辦理 <input type="checkbox"/> 複審或 <input type="checkbox"/> 計畫終止<br>說明：_____ |

依據(1)精進水土保持區林下咖啡永續栽培生產區的規劃與建立  
(1300株的咖啡與種植面積，大約需要的人力、樹苗與成本的需求)

| 咖啡栽培階段             | 時期                          | 說明                                                                                                     | 人力       | 成本費用                                            |
|--------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------|
| 播種育苗<br>(1300株/公頃) | 秋季：10-12月<br>春季：2-4月        | 使用新鮮種子發芽率較佳，種子播種後約5-8週發芽，待苗株子葉展開成長至2片本葉時換3吋高盆育苗栽培                                                      | 2人力*5工作天 | 種苗費：2000元<br>人工費：16000元<br>資材：6000元             |
| 定植                 | 4-6月                        | 育苗培育約生長至20-30公分時進行定植，建議行株距3-4×2公尺。                                                                     | 2人力*5工作天 | 人工費：16000元                                      |
| 除草                 | 3-4月、5-6月、7-8月、9-10月、11-12月 | 平均每隔1.5個月使用指負式除草機割草一輪每年約4-5次，第一年定植時期苗株周邊以人力鋤草                                                          | 2人力*5工作天 | 人工費：16000元<br>汽油：50公升約1400元                     |
| 灌溉、施肥              | 3月、5月、7月、9月                 | 根據咖啡生長勢於3月、5月、7月、9月各1次施放肥料，每株每年施用0.5公斤的複合肥，實際用量依土壤狀況和氣候調整，並建議在採收後、開花結果後分次施肥。<br>灌溉：視場域降雨情況智慧灌溉系統偵測水源開關 | 1人力*4工作天 | 肥料費：650公斤約13500元<br>人工費：6400元<br>管材費：12000元(公頃) |
| 病蟲害防治              | 3月、5月、7月、9月                 | 建議於3月開花期、5月幼果期、7月中果期、9月大果期，進行病蟲害防治                                                                     | 1人力*4工作天 | 藥劑費：約9000元<br>人工費：6400元                         |

附錄二、精進水土保持區成本估算

### 附錄三、2025 競賽成績及評比說明

#### CA2 水保香草咖啡豆（中度烘焙）

產品定位：

適用單品研磨萃取，風味導向香草莓果、香甜酸、奶油滑順。

評鑑感官分析：

在品質程度的分析上評審一致給予平均5-6級分以上的質感程度，其中CA2產品的氣味/口味給予評審們感官領受到果乾香(葡萄乾、蜜餞)、糖香(黑糖)、烘烤香(烤地瓜)、堅果香(榛果)、鮮果香(李子)、發酵醬味(熟透的水果)等良好的氣味導向，僅微量的口感有木質與煙焦感，

餘韻部分的感官分析有醇正、回甘、留香、飽滿感等以及重要的品飲感受是愉悅、有個性感的感受，

因此這款CA2 水保香草咖啡豆在開發技術性與消費市場定位上，風味表現出眾、具有感官特徵與風格辨識度極佳之作品，展現出明確個性，並具有鮮明市場性之作品，獲得卓越風味獎章，由此次的評鑑分析導向，可望在市場接受度有優良的表現。

#### CA1 水保香草咖啡豆（淺中烘焙）

產品定位：

適用單品研磨萃取，風味導向清爽果香、香草發酵、蜂蜜甜感。

評鑑感官分析：

在品質程度的分析上評審一致給予平均6級分以上的質感程度，其中CA1產品的氣味/口味給予評審們感官領受到糖香、烘烤香、鮮果香、果乾、堅果、花香、發酵醬味等良好的氣味導向，僅微量的口感有苦與煙焦感，

餘韻部分的感官分析有回甘、滑順、留香感以及重要的品飲感受是愉悅、精緻、鮮明感排列在前的感受，

因此這款CA1 水保香草咖啡豆在開發技術性與消費市場定位上，由此次的評鑑分析導向，可望在市場接受度有優良的表現，其風味清晰易於推廣，獲得高度推薦。

