|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 113 學年度原住民族文化與科學展覽會 | | | |
| 參加組別 | □高中組 國中組 □國小組 | | |
| 主題類別 | 十一、原住民族其他科學智慧與創意創新應用 | | |
| 團隊名稱 | .py | | |
| 作品名稱 | 松露生長環境的關鍵因素、分佈特性及培育方式之研究 | | |
| 團隊地址 | (313301) 新竹縣尖石鄉嘉樂村3鄰麥樹仁80號 | | |
| 團隊電話 | 0979350328 | 團隊 email | joy22433691@gmail.com |
| **作品研究計畫書** | | | |
| 1. **參展作品構想說明**   　　松露被譽為「地下鑽石」，以其高經濟價值和獨特風味受到全球關注。然而，松露的生長條件極為苛刻，必須與樹木根系形成共生菌根，並對環境要求甚高，包括土壤酸鹼值、溫濕度以及光照條件等關鍵因素。目前，關於松露生長環境的研究主要集中於歐洲，對於亞洲地區松露的分佈與生長條件了解仍較為有限。  　　在台灣，林下經濟已成為重要的發展趨勢。由於台灣地形多山，水土保持至關重要，過度砍伐山林和竹林資源可能導致植被喪失，進一步加劇水土流失問題，威脅生態系統的穩定。因此，在發展經濟的同時，如何保護森林資源成為關鍵課題。目前，尖石鄉的林下經濟活動主要以段木香菇種植為主，該產業雖具經濟價值，但其種植過程依賴樹木作為載體。這意味著為了種植段木香菇，會導致樹木砍伐，以青剛櫟為例，種植到可用來種植段木香菇需要約 10 至 20 年，卻只能使用 1 至 ­­­­­­2 年因此為了維持供應，每年需要補種 5 至 20 倍 的青剛櫟，才可以達到總數平衡，與林下經濟可持續發展的初衷相矛盾。因此，松露作為更高經濟價值的作物，具有顯著的發展潛力。尖石鄉泰雅族社區可以透過適當管理，推動松露種植，進一步實施低衝擊模式，即林下經濟模式。其強調低干擾的自然資源利用方式，在發展經濟的同時，避免對生態系統的過度破壞。  　　尖石鄉泰雅族的傳統領域擁有豐富的森林資源，這些地區可能是松露培育的理想場所。目前，政府推行禁伐政策，在此背景下，林下經濟的發展可在不破壞環境的前提下，提升經濟循環效益，促進水土保持、環境保護，並維持生態多樣性。  　　由於樹木的生長週期較長，林下經濟需要尋找其他經濟作物來補充，以減少對森林的依賴。松露作為一種共生菌，與傳統作物相比，松露不需要大量額外的環境資源，但其對生長條件要求更為嚴苛，包括穩定的溫濕度、適宜的光照條件，以及特定範圍的土壤酸鹼值。此外，台灣目前發現有5種原生種松露，其存在為林下經濟的多樣化提供了新的可能。然而，由於目前對台灣松露生長環境數據和條件的研究仍然不足，其大規模培育技術與方法仍需進一步探索。  　　為了更好地發掘台灣松露的生長潛力，我們需要從多方面入手。首先，收集與分析台灣各地的環境數據，以確定松露可能的生長生態範圍，這包括測量土壤酸鹼值、氣候條件等多項指標。其次，利用機器學習技術開發人工半自然培育模型，此外，還需結合田野調查與實驗數據分析結果，逐步建立一套可行的人工培育技術標準。 | | | |
| 1. **參展作品之研究方法與步驟**   　　通過這些努力本作品研究方法旨在以科學化數據與原住民族智慧相結合，探索松露生長環境與分佈特性，並進一步開發人工培育技術。具體步驟如下：   1. **質性訪談**   尖石鄉有後山有進行過松露之培育計畫卻遭中斷，本隊伍預計諮詢有參與此計畫且同時為尖石鄉後山之威望人物進行質性訪談，以確認尖石鄉是否有潛力執行松露之栽培。   1. **環境調查與樣本採集**   　　經詢問松露相關研究人士，目前預計於國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處的和社營林區進行松露生長環境的實地調查，同時於該處進行空氣溫濕度、土壤酸鹼值的樣本採集。   1. **數據分析與機器學習應用**   　　將環境數據輸入機器學習模型，以預測松露生長的潛在熱點，同時應用大語言模型(LLM)進行數據模式的分析與可視化，以提升研究精確度。 | | | |
| 1. **參展作品的原住民族知識內涵**   　　　　台灣原住民族對森林的管理智慧為本研究提供了啟發，具體體現如下：   1. **林下經濟的實踐**   　　原住民族長期以低破壞性方式利用森林資源（如採集香菇、竹筍），不僅確保資源永續利用，對發展松露人工培育（人工半自然培育）發揮重要的參考價值。此外，原住民族的林下經濟還除了造林伐木循環還包括利用動植物、草藥、畜牧養殖及其他自然資源作為生計（Hu, 2017）。   1. **生態平衡的觀念**   　　原住民族強調生態系統內部的相互依存，例如樹木與微生物的互利共生，這與松露形成菌根的原理不謀而合。原住民族的生態觀念強調在維持平衡的同時實現資源利用。  　　原住民族的土地管理方式展示了適應性生存與資源保護的智慧，為松露人工培育的環境設計提供了文化基礎。  　　在水土保持方面，原住民族充分利用森林植被的根系結構來穩定土壤，防止水土流失，這一傳統方法對於改良松露培育地的土壤結構有直接啟發（Lin, 2019）。   1. **文化與自然的連結**   　　透過松露研究進一步發掘原住民族的生態智慧，例如他們對土壤質地、濕度及植物健康的觀察方式，這些知識可補充科學研究的數據分析不足之處。  　　原住民族的文化價值觀與自然密切相關，研究松露的過程不僅是對自然科學的探索，也是對這些文化價值的深入理解與尊重。（林業試驗所， 2022） | | | |
| 1. **參展作品的科學知識內涵**   　　本研究欲利用 IoT(Internet of Things 物聯網) 感測技術，即時監測這些環境變數，並透過機器學習技術分析松露最佳生長條件，故本研究的科學知識主要分為兩項作介紹，其一為松露生長之環境影響因子之探究，另一則為機器學習之AI相關知識，具體如下：   1. **松露生長之環境影響因子**   　　松露生長受多種環境因子影響，其中包括地理的**分布範圍**，**生長海拔**、**分布範圍**(氣候帶)，也需要確保菌根共生的最佳條件的**土壤酸鹼值** (pH 值)（林業試驗所，2022），以及需要穩定的濕度並且排水良好的砂質土壤，即**溫度**與**濕度**（Cheng & Chen, 2022），以及松露需共生之樹木的**光照條件**。   1. **機器學習之 AI 相關知識**   本研究之 AI 模型透過機器學習訓練多種不同的人工智慧模型相互比較，希望可以提供栽種者更為具體的種植改善方式，具體的種類如下：  **(1) TensorFlow（深度學習模型）**  　　TensorFlow 是一個開源機器學習框架，適用於數據分析、影像辨識與預測模型，可用於松露種植的環境數據分析與菌根識別，其優點如下：   1. **高效處理大數據：**   　　能夠快速分析大量環境數據，如土壤 pH 值、溫濕度與光照條件。   1. **影像辨識能力強：**   　　可用於自動檢測松露與宿主樹的菌根健康狀況，減少人工監測誤差。   1. **預測精準：**   　　透過 LSTM（Long Short-Term Memory長短期記憶網絡）分析時間序列數據，預測松露最佳採收時間。  TensorFlow同時也有著缺點，缺點如下：  **1. 對數據需求高：**  　　模型訓練需要大量高品質的環境與松露生長數據，數據不足可能影響預測準確性。 **2. 運算資源消耗大：**  　　需要高效能 GPU(Graphics Processing Unit 圖形處理器) 或 TPU (Tensor Processing Unit張量處理單元)來加速模型訓練，對小型農場或個人種植者而言成本較高。 **3. 難以解釋：**  　深度學習模型是「複雜的數學運算」，難以提供可解釋的因果關係，例如 「為什麼這片土地適合松露生長？」  **(2) LLM（Ｌarge Ｌanguage Ｍodel大型語言模型）**  　　LLM 可用於處理林業研究資訊、解釋松露種植技術，並幫助種植者獲取最佳種植方法。其優點如下：  1. **快速獲取知識**：  　　能從全球研究論文中提取關鍵知識，提供最新的松露培育技術與市場趨勢分析。 2. **互動性強**：  　　可以透過自然語言與使用者對話，解釋松露種植的最佳實踐，適合林農與研究人員使用。 3. **可視化數據分析**：  　　可與 GUI(Graphical User Interface 應用程式介面)介面結合，幫助林農查看不同地區松露生長環境的數據。  LLM 同時也有著缺點，缺點如下：  1. **數據可靠性問題**：  　　若LLM 的訓練數據來自網絡，可能包含過時或錯誤資訊，影響決策準確性。 2. **無法直接執行種植任務**：  　　只能提供建議，無法自主調整松露的生長條件，如土壤管理或灌溉。 3. **成本較高**：  　　需要強大的運算資源，且 API(Application Programming Interface 應用程式介面) 調用費用可能較昂貴。  **(3) AGI（Artificial General Intelligence 人工通用智慧）**  　　AGI 能夠模擬人類的智能，自主學習與決策，未來可用於完全自動化的松露林業管理，其優點如下：  **1. 全自動決策與管理：**  　　AGI 可整合 IoT 感測器，根據環境變化自主調整灌溉、施肥與種植策略，實現無人化管理。 **2. 超越人類專家：**  　　能夠學習並整合全球松露研究成果，自主生成最優種植方案。 **3. 環境適應能力強：**  　　可隨時根據不同的土壤與氣候條件調整最佳培育策略，提升松露產量。  AGI 同時也有著缺點，缺點如下：  **1. 技術尚未成熟：**  　　目前 AGI 仍在發展階段，無法實現完全自主決策，應用於林業仍有許多技術挑戰。 **2. 成本極高：**  　　部署 AGI 需要龐大的算力資源，適合大規模林業企業，不適合小型農場。 | | | |
| 1. **參展作品的科學與文化知識的對話**   　　本研究架構在科學與文化的交融之上，以促進永續發展與知識傳承，具體體現如下：   1. **科學驗證文化智慧**   　　松露的的共生與泰雅族的共享共食互利的 GaGa 概念相呼應，且保持永續、環保、低污染、減少環境破壞   1. **技術促進文化永續**   　　透過人工培育技術的開發，減少對野生松露資源的掠奪，同時促進文化資源的永續利用。   1. **知識的雙向流動**   　　原住民族知識為科學研究提供了靈感，而科學研究則能以數據化、模型化的方式幫助文化知識傳承與發揚。  透過這項研究，我們期望搭建一個以科學為基礎、以文化為靈感的創新林下經濟，實現經濟與生態的雙贏。   1. **參考文獻**   林業試驗所(2022). 臺東地區松露資源調查. 林業研究專訊, **29**(4), 17-19.  Cheng, C.-Y., & Chen, S.-D. (2022). Study on freeze-drying of truffle soy sauce powder. Taiwanese Journal of Agricultural Chemistry and Food Science, **60**(3), 85-96.  Hu, H.-T. (2017). Investigation of forest truffle resources in Taiwan. Forestry Research Bulletin, **24**(4), 19-25.  Lin, J.-M. (2019). A Study on the Affinity and Morphology of Ectomycorrhizae Formed by Three Tuber Species Associated with Quercus glauca. National Ilan University, Master’s thesis.  Lin, S.-B., & Chen, L.-C. (2019). A preliminary study on the truffle cultivation and species identification of host ectomycorrhiza in Siji-Nanshan. National Ilan University, Master’s thesis.  Wong, K.-F., & Li, H.-T. (2017). Two newly recorded hypogeous fungi in Taiwan—Endogone flammicorona and Sclerogaster compactus. Fungal Science, **32**(1), 27–30. | | | |