



2024 IMV科技創新獎金

固碳農法：生態農業新紀元

□ 企業組 □ 非企業組 | 單位／團隊名稱：碳索者二號

國立臺灣大學／碳索者二號

企業組 非企業組

農林漁牧 氣候對策 節能減碳



IMV競賽NO.	(不需填寫)
證號 (統編,文號)	(請填寫統一編號或核定文號，非企業組不需填寫)
負責人／代表人	(陳俊瑋學生)
成立時間 (西元年月日)	2024.06.03
資本額 (新台幣元)	(新台幣元，非企業組不需填寫)
員工／團隊人數	<ul style="list-style-type: none">• 3名學生
主要營運地／場域	台北
公司／團隊檢介 (100字以內)	碳索者一號團隊是一個致力於氣候行動（ESG）的創新組織，專注於推廣固碳農法來對抗全球暖化。利用矽酸鹽礦物的自然風化過程，團隊不僅促進土壤健康，還助力提升農作物產量，同時積極達成氣候行動和可持續發展目標，推動台灣農業實現淨零碳排放。

提案名稱

固碳農法：生態農業新紀元

提案背景

面對全球氣候變遷的挑戰，碳索者一號團隊積極推動固碳農法，透過增強矽酸鹽礦物的風化過程，以吸收二氧化碳，同時提升作物產量並改善土壤酸化問題。台灣的農地面積約78萬公頃，農業不僅是經濟的支柱，也是維繫食物安全的關鍵。這一策略不僅顯示出農業在達成2050淨零碳排放目標中的潛力，同時也是對抗氣候變化的關鍵行動。

提案特色

本提案藉由「碳索者農業網」及「智慧碳勘者」聊天機器人平台，提供農業從業者即時天氣預報、成本效益分析等關鍵資訊。此外，會員服務還包括固碳農法的實施指導、農業碳認證代辦以及作物直銷通路支持，這些智慧化解決方案旨在提升技術的可及性和使用便利性，推動農業產業朝向更永續的方向發展。碳淨零農業生態圈整合固碳農法與創新科技，致力於達成聯合國的永續發展目標（SDGs），尤其強調永續城鄉建設、氣候行動，以及保護陸地生態系。

目標市場

農業從業者及環保意識較高的消費者，特別是對氣候變化關注並願意採用新技術以達成永續發展目標的群體。

提案如順利推動3年預期效益

目前每公頃之固碳農法收益達209,718元，根據歐盟碳權交易系統平均碳權成長率12.01%計算，三年後每公頃之固碳農法收益可達294,718元。

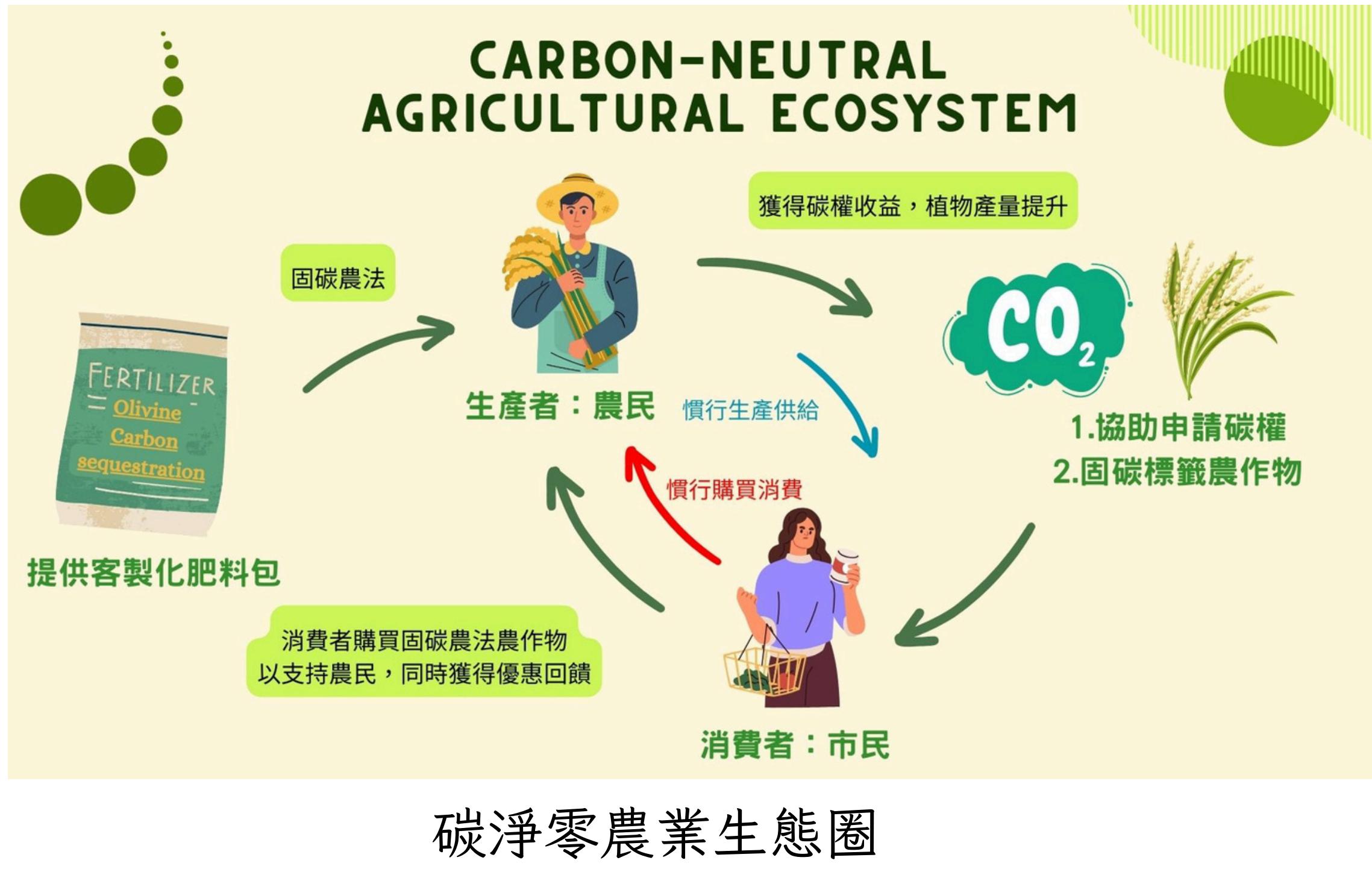
符合IMV描述

- 創新性：將肥料用作改善土壤環境和固碳，別於傳統的土壤碳固碳方式
- 市場性：固碳農法增加作物產量並讓農民轉售碳權，市民支持助推永續農業
- 永續價值：固碳農法助力氣候行動，提升農業產量，保障糧食安全，實現永續發展。

主要成員

NO.	姓名	部門(非法人單位 請填寫學校)	職銜(非法人單位請 填寫科系所+年級)	重要經歷
1	陳俊瑋	國立臺灣大學	地理系 5年級	113年氣候變遷競賽銀獎、農業部及環境部氣候署特別獎
2	徐志宏	國立臺灣大學	地理所 1年級	113年氣候變遷競賽銀獎、農業部及環境部氣候署特別獎、學士論文院長獎
3	劉正悅	國立臺灣大學	地理系 5年級	雙主修資訊管理學系、111學年度校長獎、中華民國斐陶斐榮譽學會113年榮譽會員

簡介—碳淨零農業生態圈



此提案的核心目標是創建一個碳淨零農業生態圈，通過推廣固碳農法和開發「碳索者農業網」及「智慧碳勘者」聊天機器人平台，以便利化農民和市民的操作。這些創新工具旨在提升農業的商業價值，並有助於達成農業碳淨零的目標。

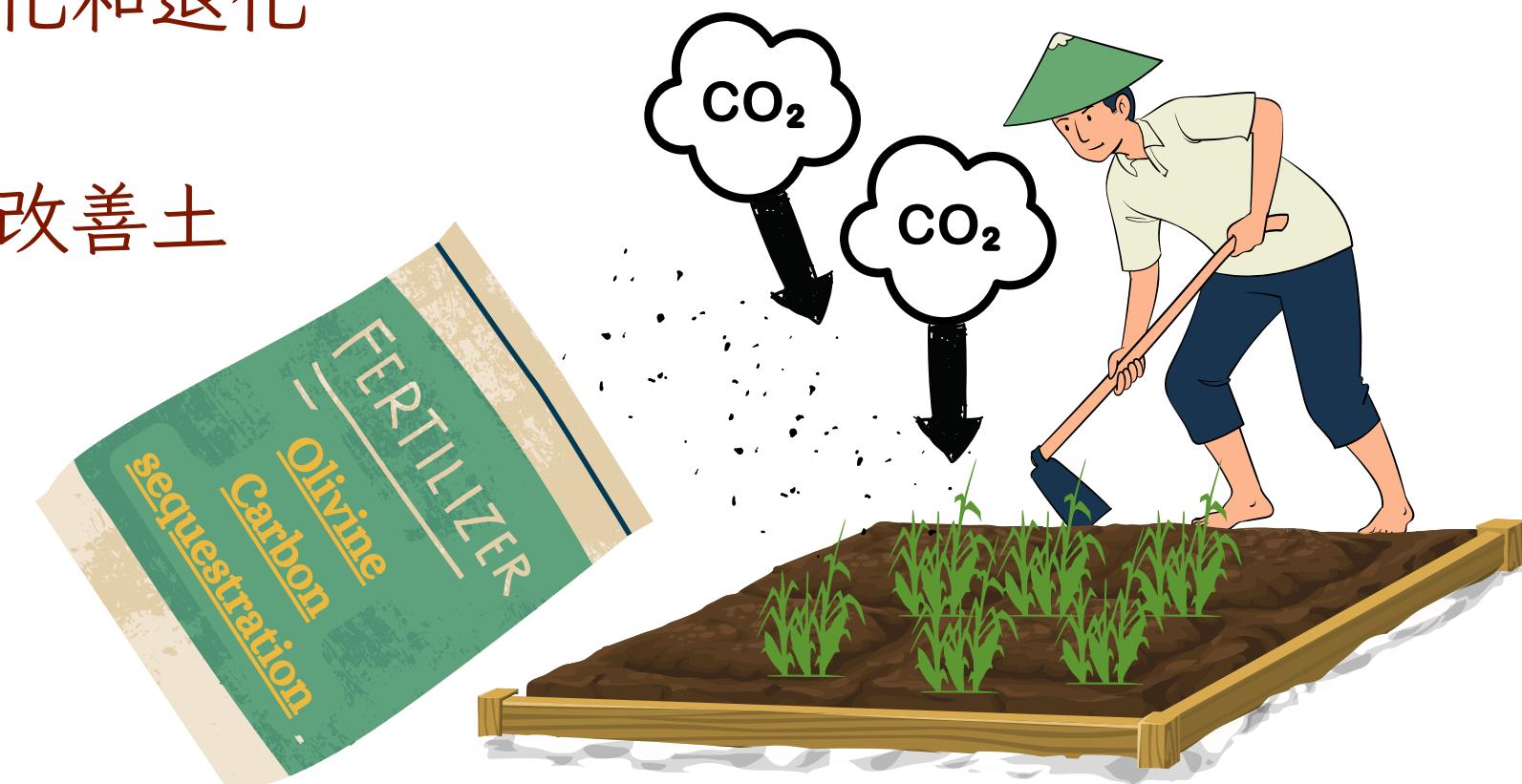
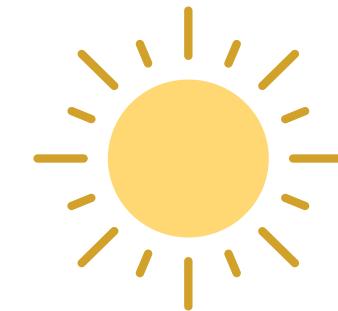


簡介—碳淨零農業生態圈

傳統慣行農業：

- 過量化肥導致土壤酸化和退化
- 使用碳酸鈣（骨粉）改善土壤，排放二氧化碳
- 農藥和化肥污染水源

BAD!



固碳農法：

- 橄欖砂增強風化，有效吸收二氧化碳
- 改善土壤酸化，提供作物優質生長環境
- 提升作物產量，高達200%

傳統農業 Vs 固碳農法

Good

商業模式



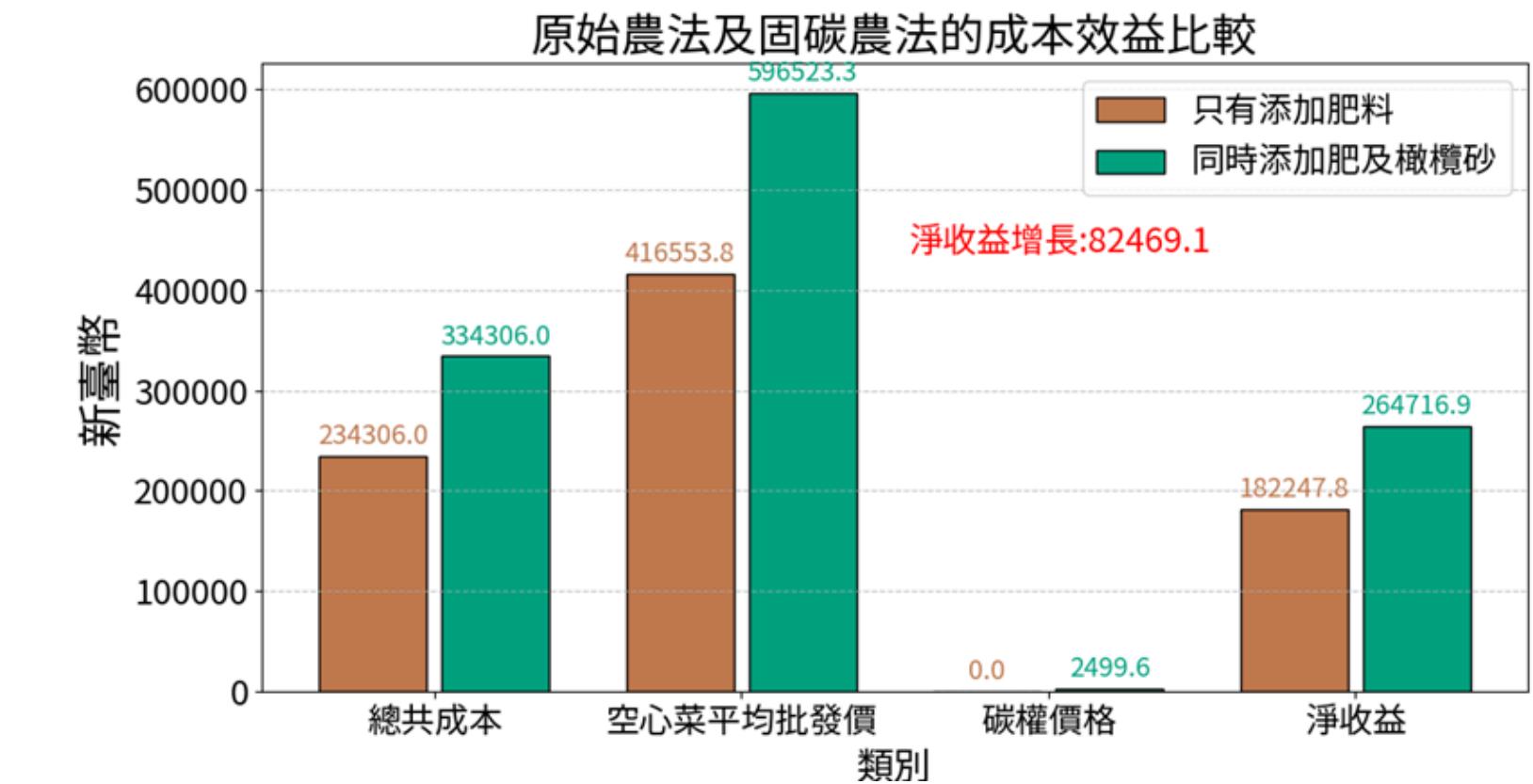
碳淨零農業商業模式

碳權收益

碳權(Carbon Credit): 排放一公噸二氧化碳的價格

碳權可用來補足企業所需之排碳量(碳抵換)，並可透過交易未使用之碳權增加企業收入。

以歐盟碳交易系統(EU ETS)為例，自2008年7月開始交易至今(2024年7月)平均年成長率達12.01%，未來三年每公頃之固碳農法碳權收益可達3512元。



資料來源: <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon>

Olivine Weathering Equation:



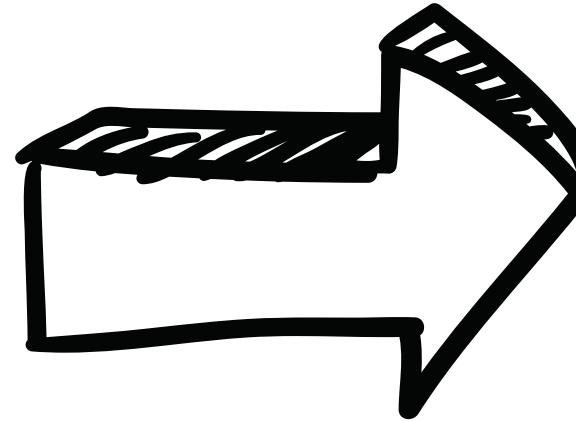
(橄欖石)

固碳農法建基於矽酸鹽類風化的過程中可有效吸收二氧化碳，從橄欖石風化公式(1)中先顯示1莫耳的矽酸岩類風化可消耗4莫耳的 CO_2 ，二氧化碳(CO_2)轉化成碳酸氫根(HCO_3^-)。吸碳的比例為1噸橄欖石可吸收1.25噸的二氧化碳，並以碳酸氫根的形式從大氣中轉移出來 (Köhler et al., 2010)。

增強風化 (Enhance Weathering)



橄欖石-Olivine



橄欖砂-Olivine Sand

增強風化(EW)已是國際多方認可與採行的碳封存方式。EW的核心技術為散播經過細磨(約20~100 mesh)的矽酸鹽岩石 (例如橄欖石-Olivine) 於地球表面，加速自然風化過程，進而捕獲並儲存大氣中的二氧化碳(Manson, 2013)。

針對矽酸鹽類的碳封存效果業經全球各地的專家學者，均能證實橄欖石在風化過程中轉化和吸收二氧化碳的能力(Köhler et al., 2010; Schuiling, 2011)

實驗方法



Table 2. Codes for olivine, potassium nitrate, and potassium sulfate added to the samples.

OLIV : KNO ₃ : K ₂ SO ₄	Not Adding	1g KNO ₃	1g K ₂ SO ₄
Not Adding	1	2	3
10g OLIV	4	5	6
20g OLIV	7	8	9

OLIV: Olivine, KNO₃: potassium nitrate, K₂SO₄: potassium sulfate

實驗農作物採用蕹菜（Water Spinach），透過添加不同重量的橄欖石和硝酸鉀（肥料：KNO₃）共9個種植組合，在一個月的種植時間後測定其風化效果。

實驗透過分析其滲漏水、泥土和植體，以計算一公頃的農地中能吸收多少二氧化碳。並且固碳農法對作物產量和土壤酸鹼值的影響。

實驗 (實驗示意圖)

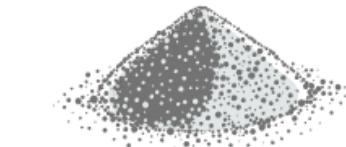
Output
Input



Irrigation
100 ml/day



1. Enhance Weathering (EW)



KNO_3

K_2SO_4

1.1. Different proportions of potassium sulfate, potassium nitrate and Olivine (9 Groups, in 3 duplicates)



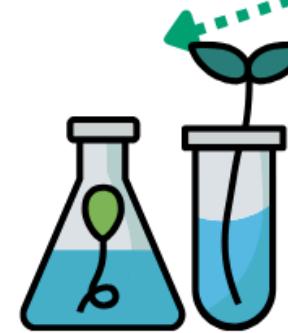
2.1 Soil

Soil pH, Soil Metal Ions



2.2 Soil Extractable Metals

2. Samples Measure Analysis (SMA)



2.4 Soil Leachate
pH, Conductivity, Metal Ions



2.3 Water Spinach
Plant Length, Weight, and Metal Ions

Pot experiment

Olivine Weathering Ratio Equation:

$$F_{Weather} = [(Mg_{bio, soil, leachate} + Mg_{plant})_{OLIV} - (Mg_{bio, soil, leachate} + Mg_{plant})_{CON}] / Mg_{app, OLIV} \quad (2)$$

(橄欖石的風化率)



土壤中生物可利用的鎂離子

土壤水中生物可利用的鎂離子

植物體中生物可利用的鎂離子

Mg 代表鎂離子， $Mg(\cdots)_{OLIV}$ 和 $Mg(\cdots)_{CON}$ 分別是實驗組 (OLIV) 和對照組 (CON) 的數據。橄欖石的風化率 ($F_{Weather}$) 對應於土壤中和土壤水積累的生物可利用 Mg 量 ($Mg_{bio, soil, leachate}$, g pot $^{-1}$) 和植物體中鎂離子含量 (Mg_{plant} , g pot $^{-1}$)，而符號 $Mg_{app, OLIV}$ 是指以橄欖石形式 (g pot $^{-1}$) 施加的 Mg 的量。

Olivine Carbon Sequestration Equation:

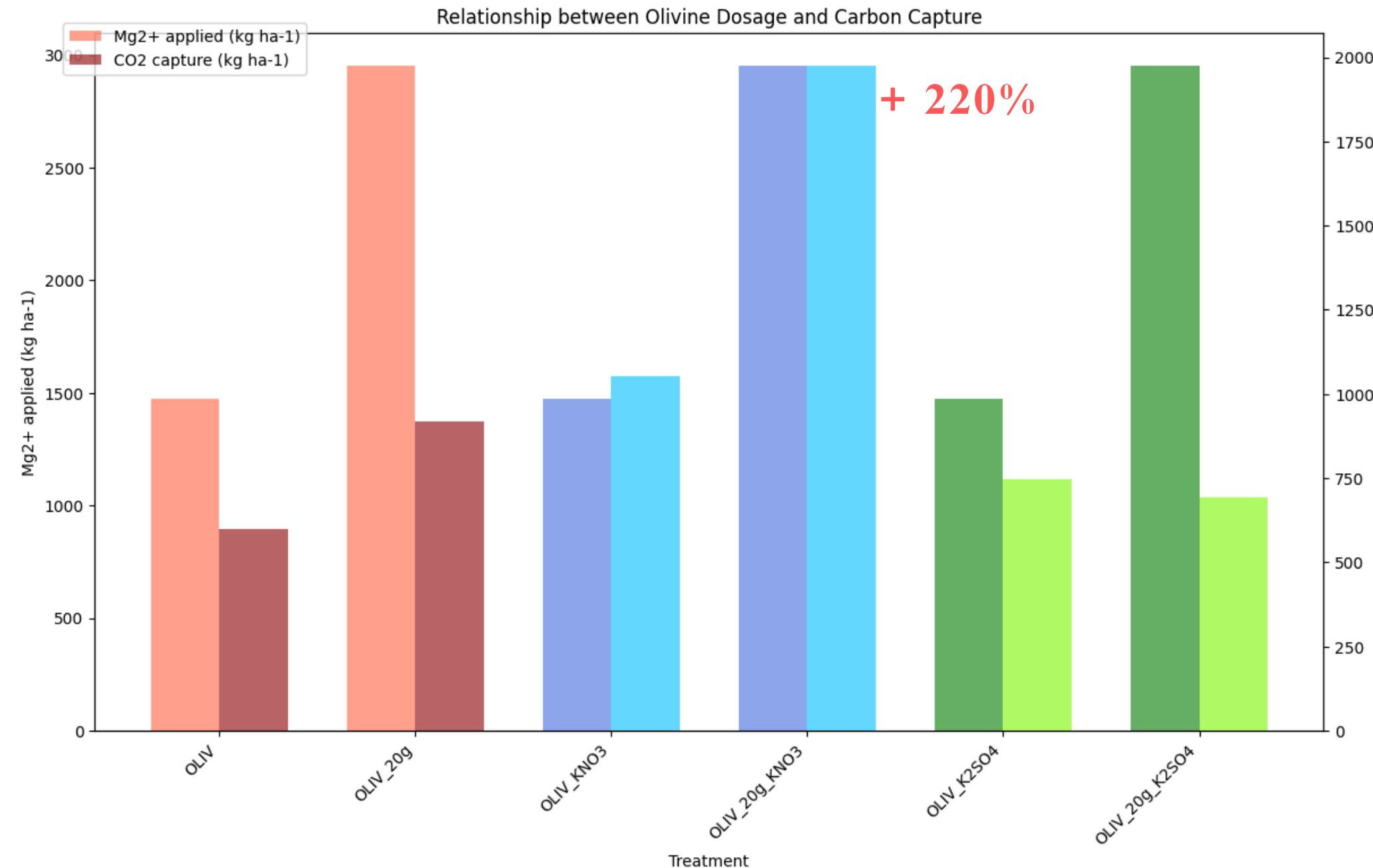
$$TCS (10^3 \text{ kg CO}_2 \text{ km}^{-2}) = F_{Weather} \times OQH (\text{Kg/ha}) \times 1.2 \quad (3)$$

公式(3)配合以下因子作計算，包括橄欖石風化比率 ($F_{Weather}$)，並估算每公頃 添加橄欖石之當量(Olivine Quantity per Hectare, OQH)與一公斤之橄欖石可以吸收 1.2 公斤的 CO_2 的比例（從公式 (1) 的莫耳比例推導）。最後，可得知橄欖石風化得到總封 存量相當 每平方公里有多少公斤的碳 (Total Carbon Sequestration, TCS)。

實驗結果 — 吸碳效能

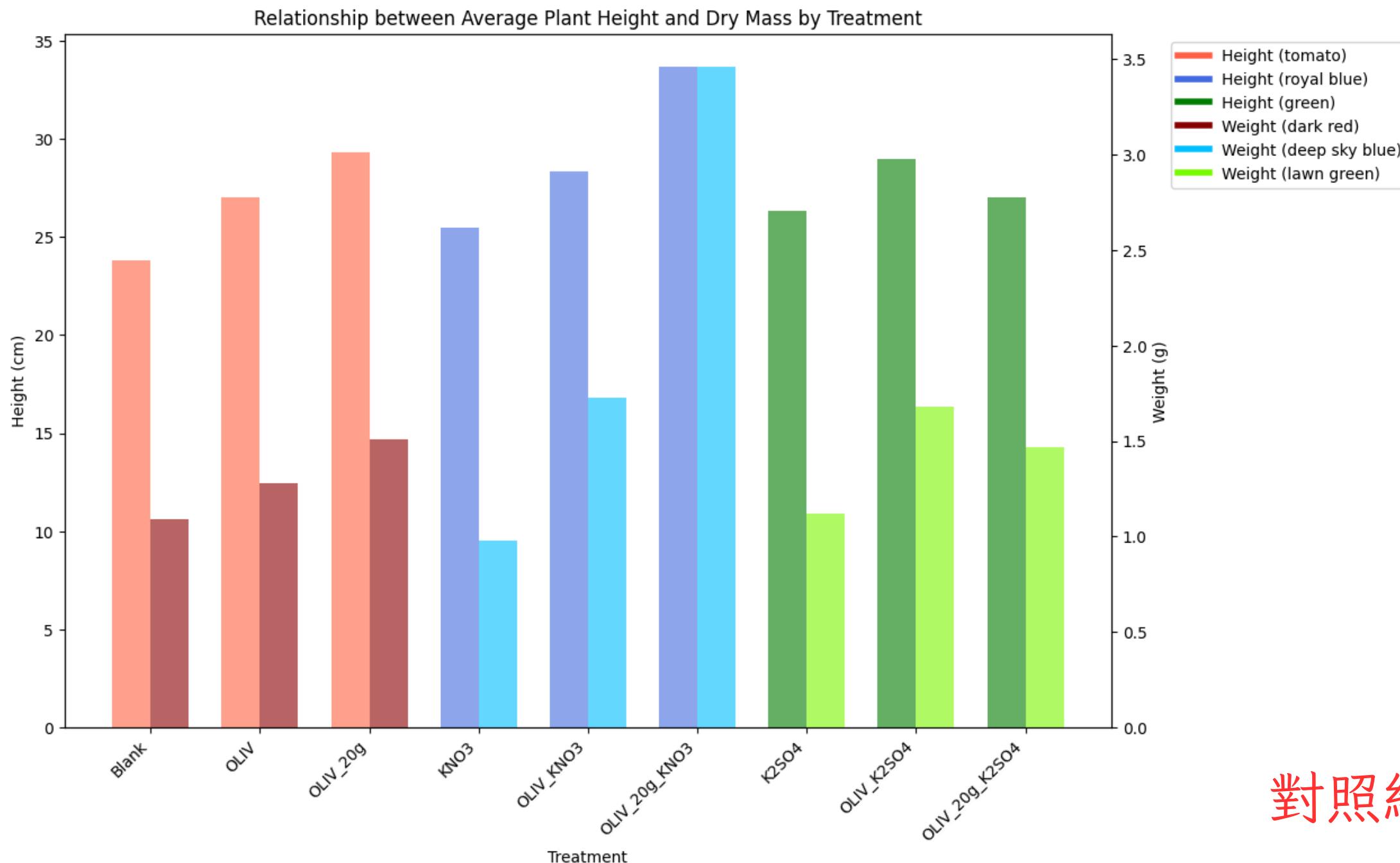


實驗發現：



1. 本實驗最多可以吸收到每公頃農地1973.89 公斤的CO₂
2. 一同添加KNO₃和橄欖石，會使風化效果提升。比起單純添加橄欖石高於220%。
3. 隨著橄欖石（Olivine）的添加，樣品的碳封存能力增加。

實驗結果 — 提升產量

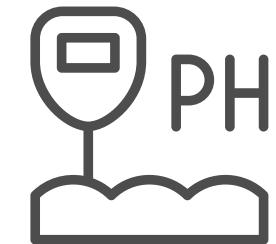


實驗發現：

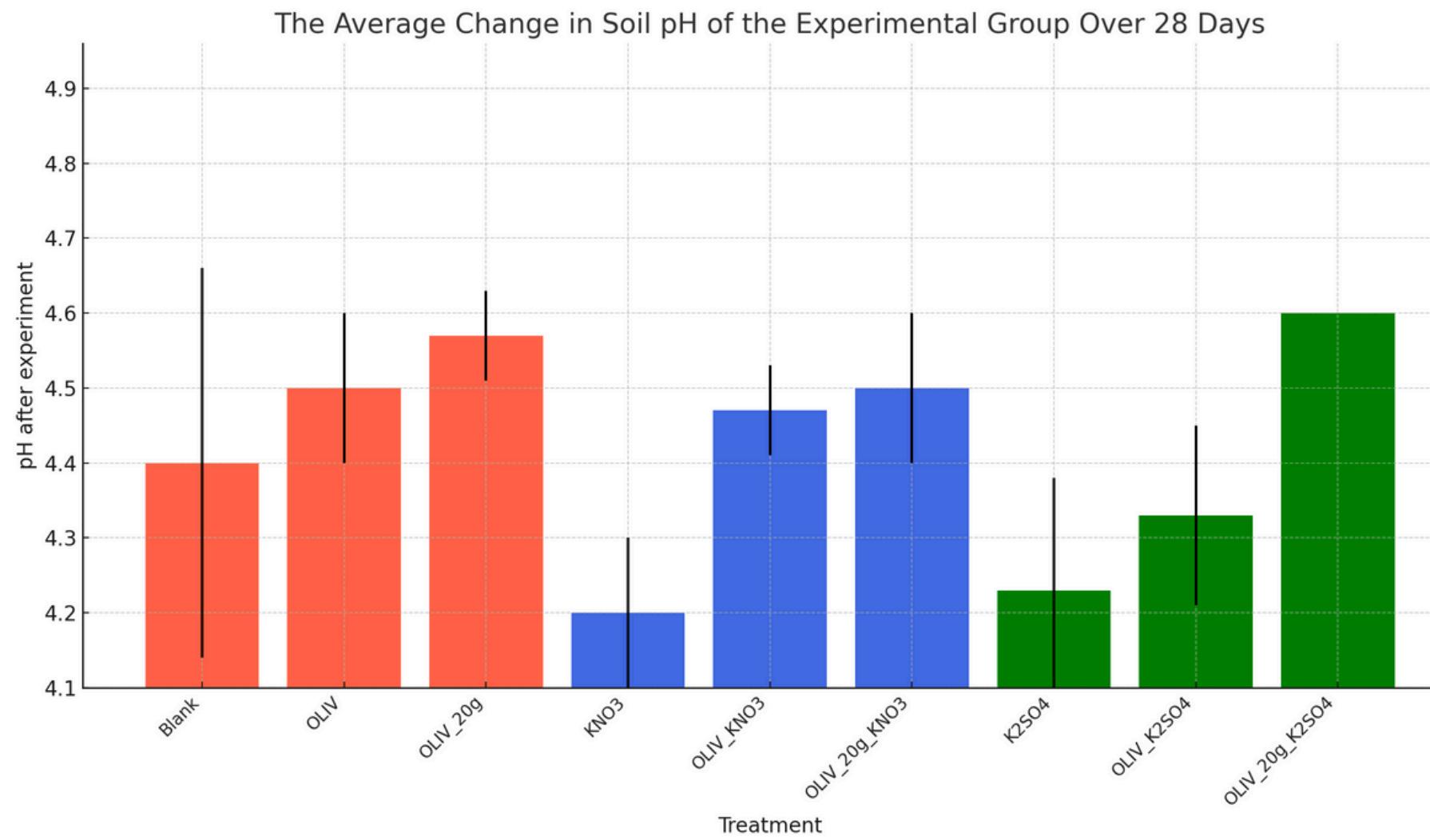
1. 橄欖石的應用使植物的生物量提升，對比其對照組*重量增加 16.77%，平均長度增加 13.3%
2. 同時添加 KNO_3 的情況下，產量提升會更明顯。

對照組* 為不添加 KNO_3 和橄欖石的空白組

實驗結果 — 改善土壤酸化



過度使用肥料會導致土壤酸化，從而降低土壤陽離子交換能力，增加鋁飽和度，最 終影響土壤作物產量（Wallace，1994；Goulding，2016）。而台灣化肥用量每年101萬公噸是國際的1.6倍，土壤酸化問題會是農民一大困擾的問題



實驗發現：

1. 添加橄欖石可有效提高土壤pH值，由4.1 上升至4.6 不等。

代表固碳農法能有效抑制土壤酸化，成為土壤改良劑。

《智慧探勘者》

智慧探勘者



《智慧碳勘者》為本團隊佈署於通訊軟體(Line)之聊天機器人，其設置目標旨在兼顧技術服務的便利性、即時性以及應用等面向，且Line 平台具備成熟的聊天機器人開發工具(Line Developer)，足以滿足開發、維護與使用者介面設計等需求。

《智慧探勘者》成本效益分析

成本效益分析流程圖



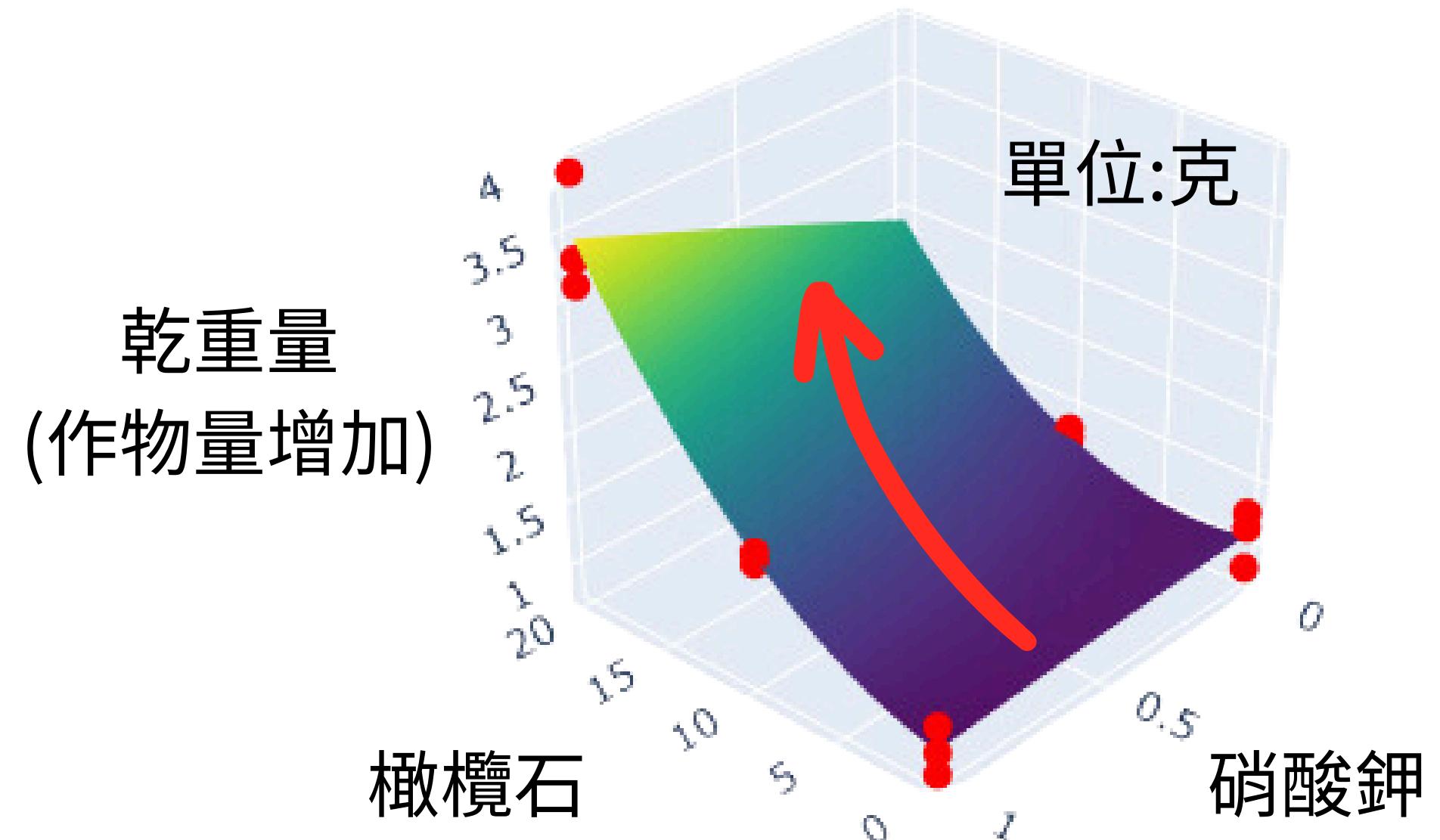
分析服務：

- 擷取國內外網站即時資訊，確保數據正確性。
- 使用者可依據自身條件輸入參數，以求分析結果契合自身情況。
- 回傳圖像化報表，清楚呈現成本與效益分析結果。

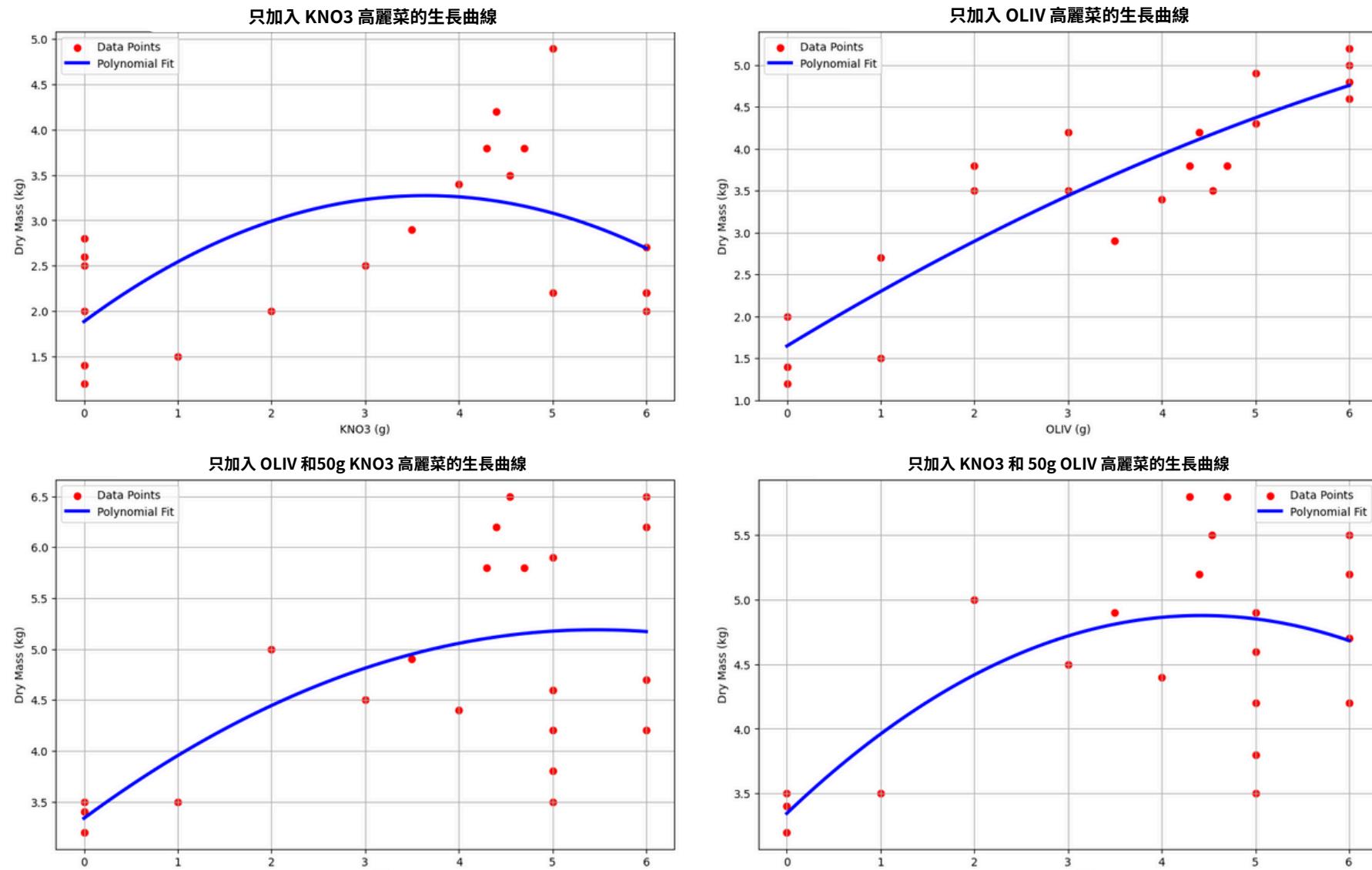
《智慧探勘者》 成本效益分析

《智慧探勘者》的成本效益分析使用多項式回歸模型來預測收成量。實驗顯示，使用橄欖石可以使植物乾重增加200%（約增加三倍）。

橄欖石、硝酸鉀與植物乾重量曲線



《智慧探勘者》 成本效益分析

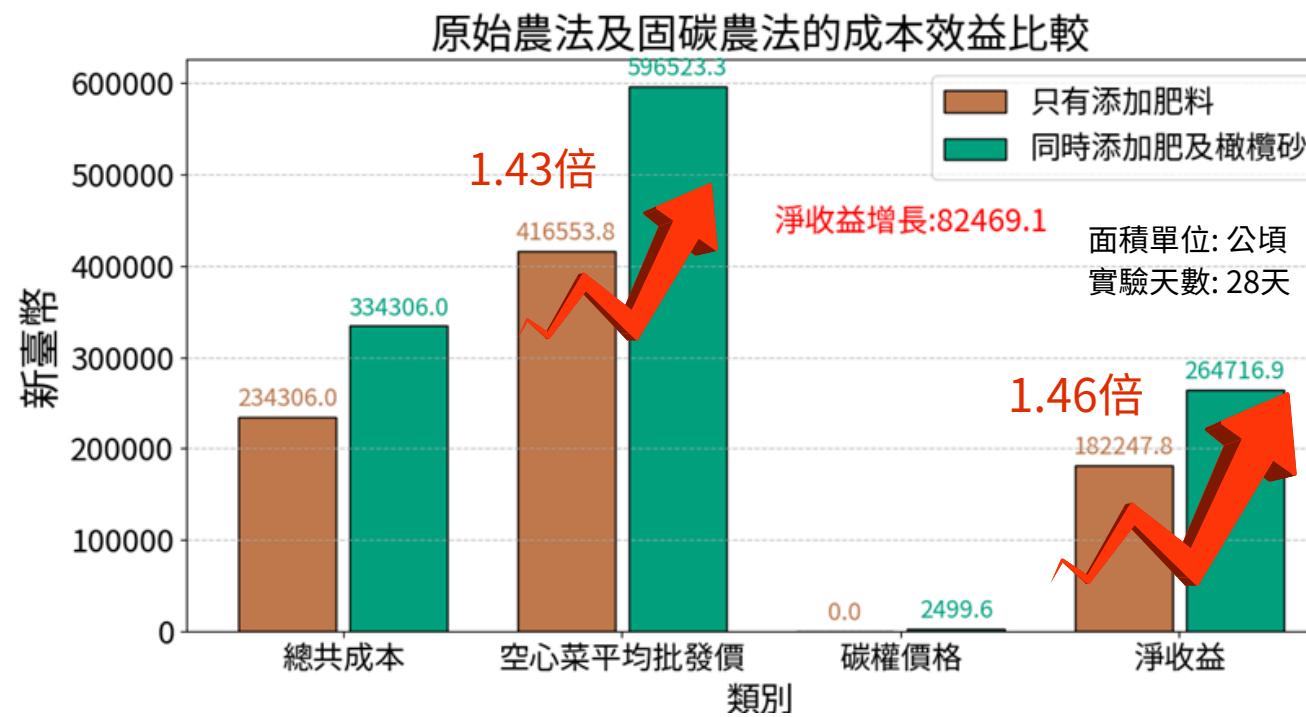


模型估計的高麗菜的成長曲線

同時，我們利用實驗結果與國外文獻論證，針對其他農產品建立預測模型（例如大白菜、高麗菜和花椰菜）。



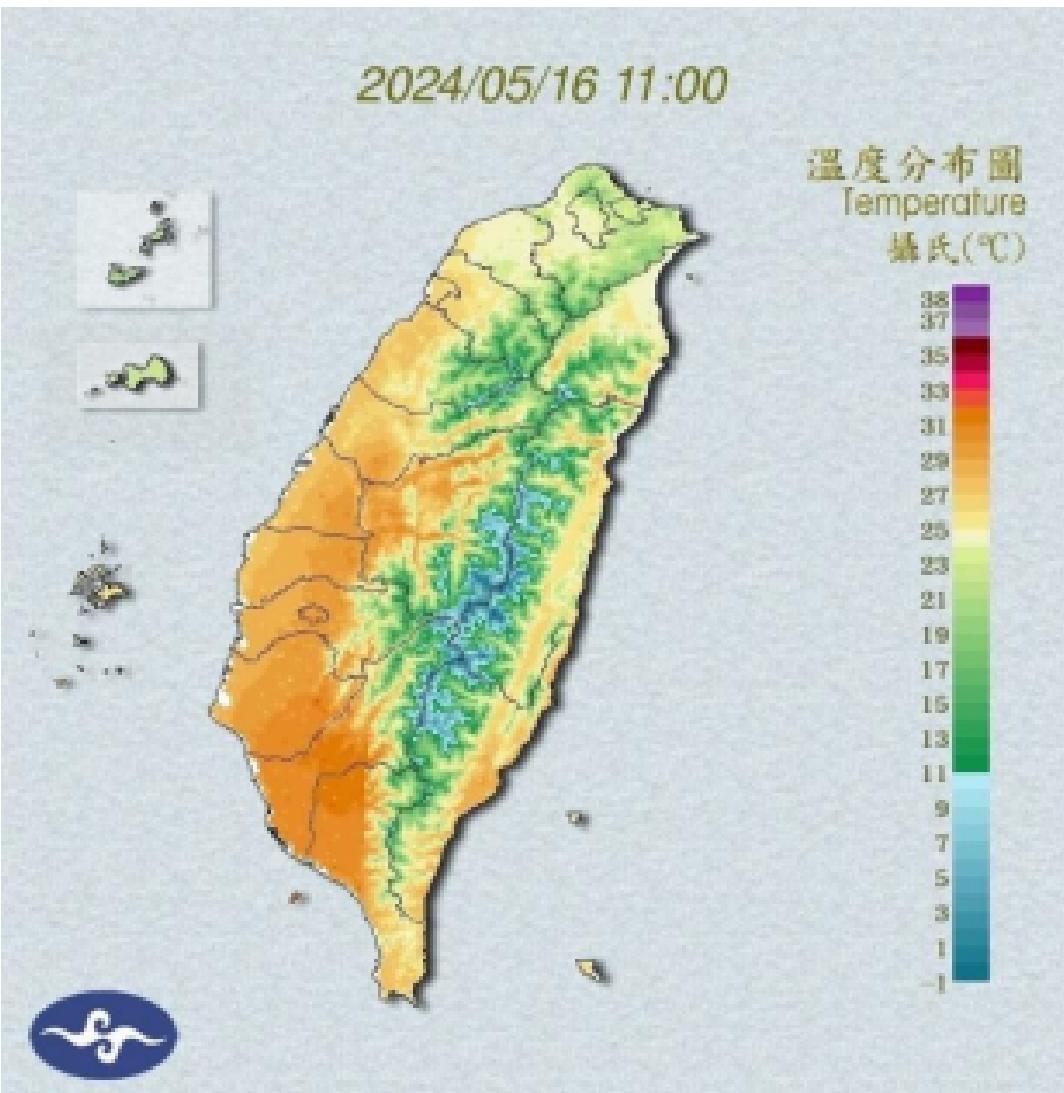
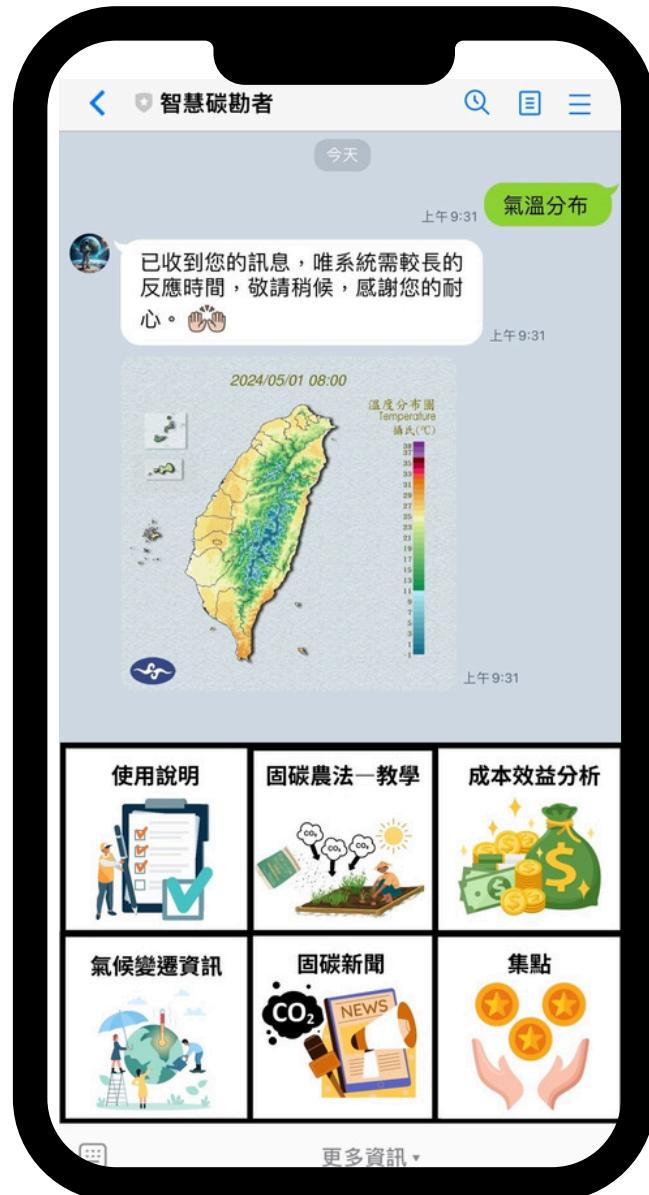
《智慧探勘者》 成本效益分析



採行固碳農法的農民會員可依據自身情況，自定義輸入肥料量和橄欖石的添加量，系統將會透過模型計算後，提供一張成本報表。以表格形式，回傳固碳農法帶來的作物產量提升和碳權帶來的效益。

智慧探勘者 – 成本效益分析表

《智慧探勘者》使用者位置天氣資訊

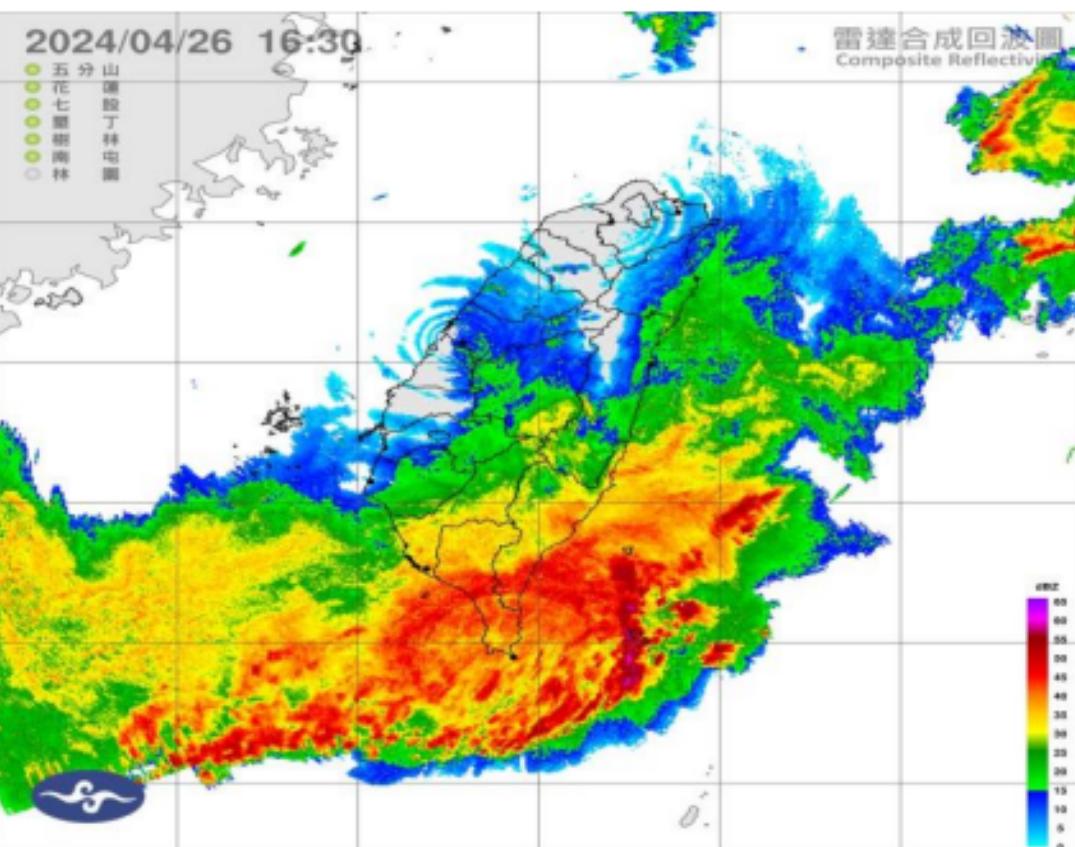
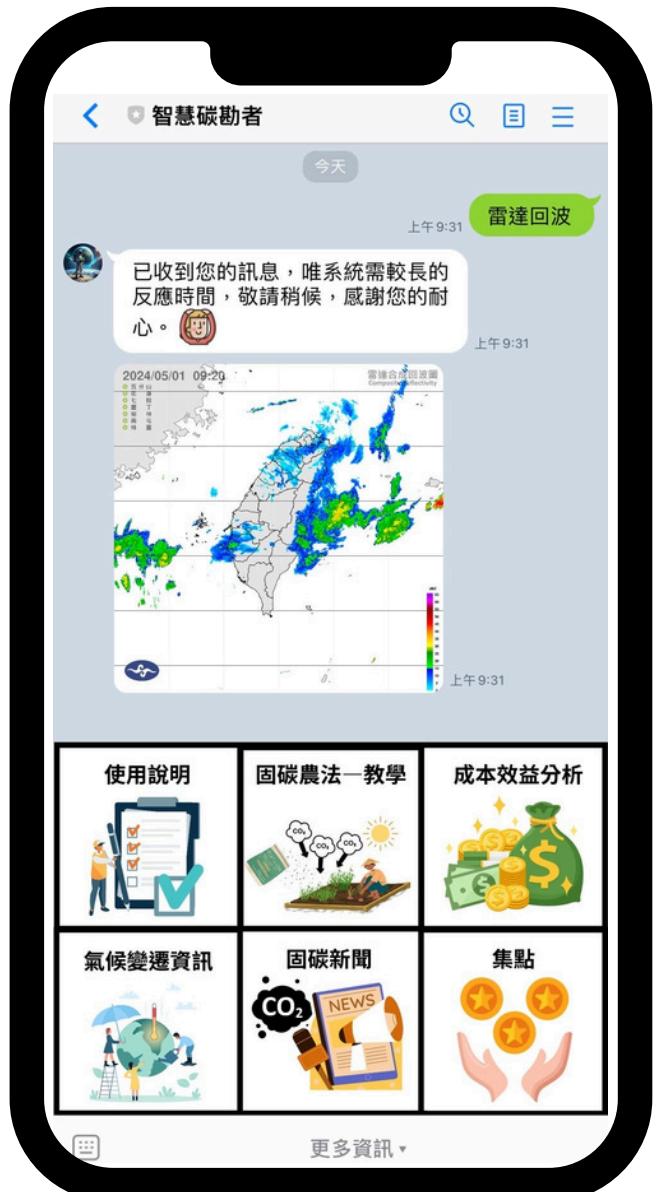


智慧探勘者 – 溫度分佈圖

溫度對作物生長和矽酸鹽類進行風化的影響至關重要。為了提供使用者即時且有效的溫度資訊，當使用者在聊天室中輸入「溫度分布」或「溫度分布圖」時，聊天機器人會自動串接中央氣象署的氣象資料開放平臺，並回傳提供全臺即時溫度分布圖。

幫助使用者根據當前氣溫做出適當的農業決策，以適應氣候變化對作物生產的影響，進一步提高農業的經濟效益和可持續性。

《智慧探勘者》雷達回波圖展示



當農業生產者使用雷達回波圖來觀察即時降水狀況時，生產者可以更有效地進行事先預防和相關農業操作，如調整灌溉計劃或採取適當的作物保護措施，以應對預期的天氣變化。

精準的氣象資訊有助農業生產者優化作業流程和減少因天氣不確定性導致的潛在損失，增強農業生產穩定性和效率。

智慧探勘者 – 雷達回波圖

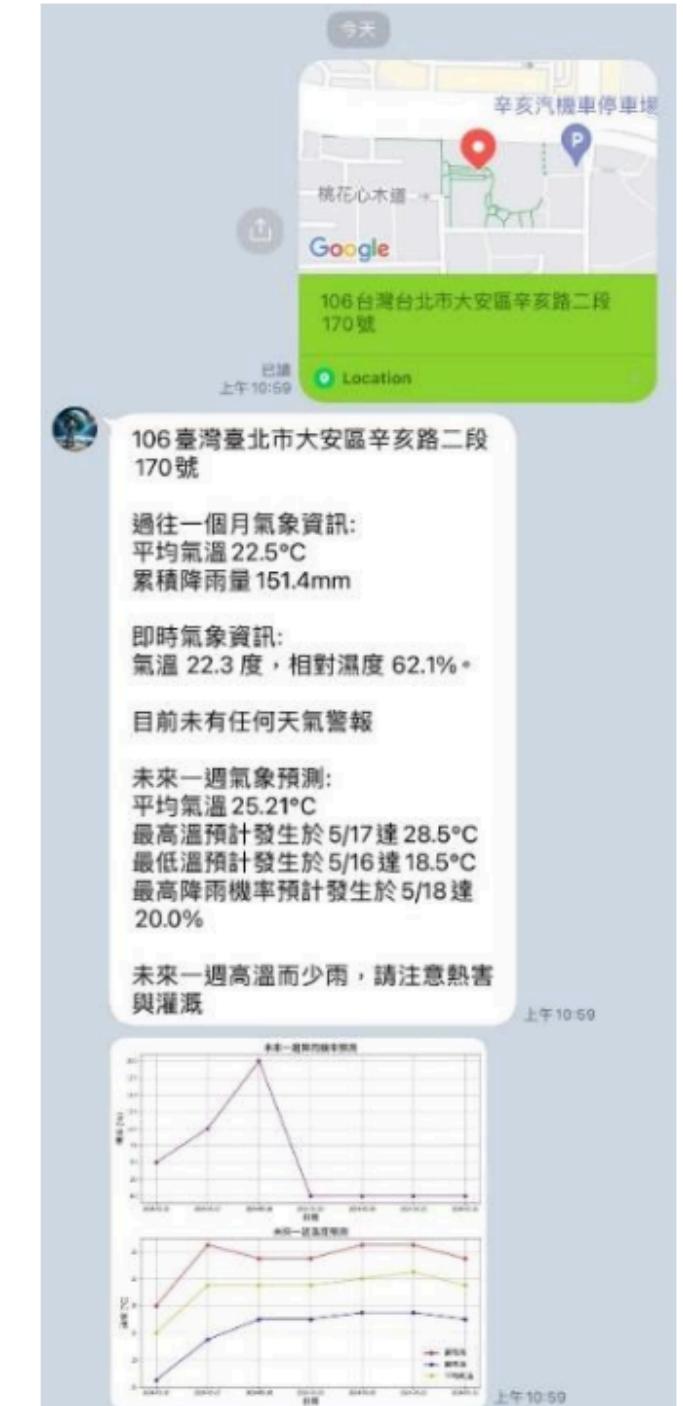
《智慧探勘者》使用者位置天氣資訊



《智慧碳勘者》提供使用者所在位置的天氣資訊，該功能僅需使用者透過 Line 內建的位置資訊分享功能傳送所在位置便能掌握該位置的過往一個月、即時及未來一週的天氣資訊，令使用者能近一步的掌握所在地的氣溫、相對濕度及目前的天氣警報等。

其中，碳索者團隊依據未來一週的預測資訊，建立農業警示訊息，提供使用者進行農務規劃的參考。

智慧探勘者—使用者位
置天氣資訊



使用者位置天氣資訊
回傳示圖

首頁

- 介紹：簡要介紹平台和其核心使命。
- 最新消息：展示最新的行業新聞、更新和公告。
- 登錄/註冊：用戶註冊或登錄入口。

The screenshot shows the homepage of the Carbon Seeker Agriculture Network. At the top, there is a navigation bar with icons for a menu, products, fertilizers, farmers, and carbon sequestration, along with a shopping cart and member icons. The main content area features a green banner with the text "About Us". Below the banner, there is a detailed description of the platform's mission, mentioning its focus on providing weather forecasts, cost-benefit analysis, and carbon sequestration implementation guidance to farmers. It also highlights its role in helping farmers apply for carbon credits and its commitment to SDGs and environmental protection. To the right of the text is a stylized illustration of a farm landscape with a house, silos, and a tractor. In the foreground, there is a hand-drawn style illustration of a farmer tilling soil with two CO₂ molecules above the ground. Next to it is a diagram titled "CARBON-NEUTRAL AGRICULTURAL ECOSYSTEM" showing the flow from a farmer receiving fertilizer to a consumer buying carbon-sequestering crops.

關於我們

- 團隊介紹：介紹團隊成員和其角色。
- 使命與願景：闡述平台的長期目標和企業文化。讓農業成為碳淨零先鋒，推動農業減碳。



農產品市場

- 產品目錄：列出所有農產品並提供搜索和過濾功能。
- 價格信息：實時顯示市場價格，可能包括價格趨勢圖表。
- 購物車：用戶購物車，支持批量和單獨購買。



肥料與資源

- 肥料種類：列出不同的肥料產品，針對不同作物的固碳肥料包。
- 購買與運送：提供購買選項和運送費用計算器。
- 開採與研磨過程：詳細描述肥料的來源和生產過程，以及當中的碳足跡。



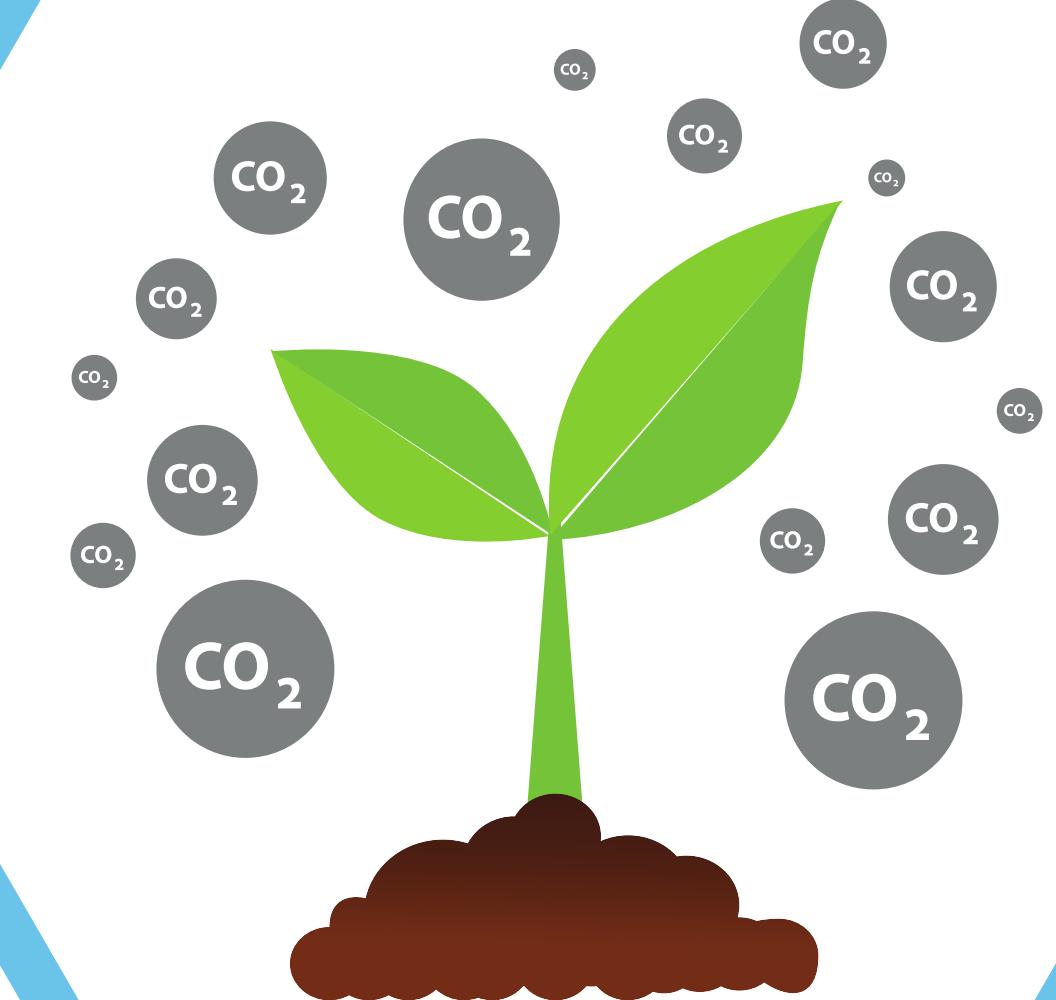
生產者資訊

- 農場介紹：顯示參與平台的各個農場和其主要特點。
- 生產數據：顯示每公頃的生產量、土壤質量報告等。
- 管理工具：提供農地管理、產量預測等工具。



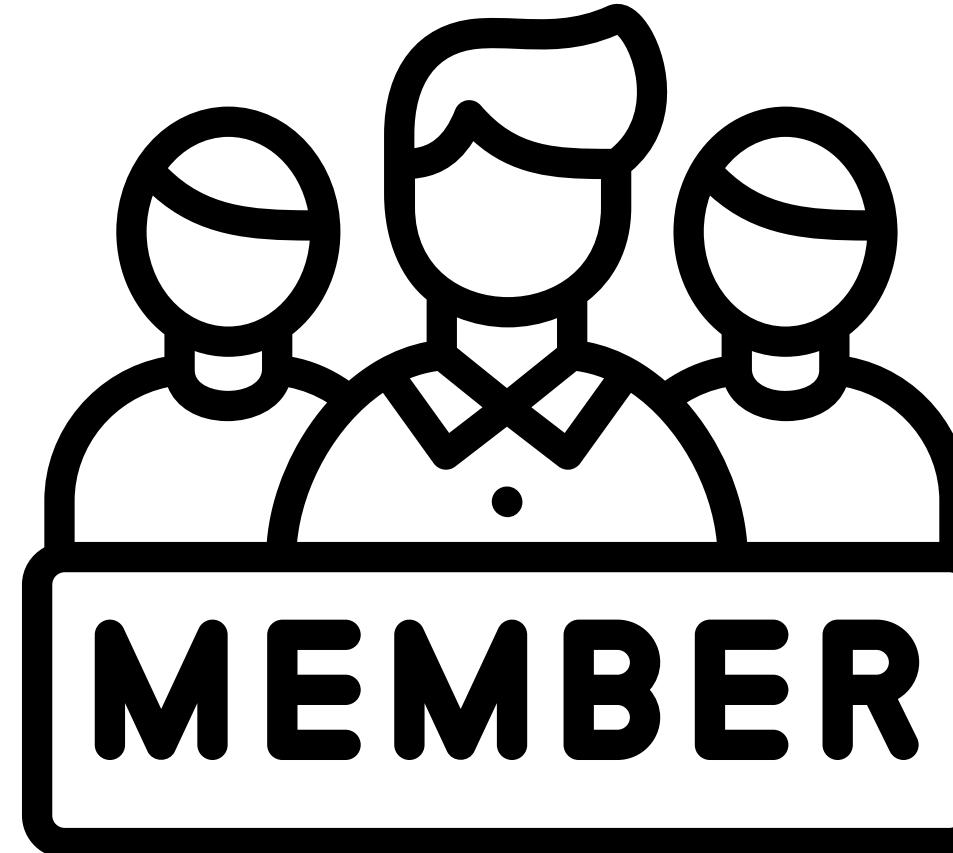
碳固定計畫

- 計算工具：提供一個碳固定計算工具，允許農民根據自己的需求自定義固碳肥料的使用量。系統將展示碳固定效果的估計值。
- 教育資源：提供有關固碳農法的教育材料和研究報告和新聞資訊。



會員中心

- 會員等級：介紹不同的會員級別和相應的優惠。
- 點數制度：用戶可以查看點數餘額和折扣卷的兌換方式。
- 交流平台：設置論壇或留言板，促進用戶之間的互動。



農民會員訂閱服務

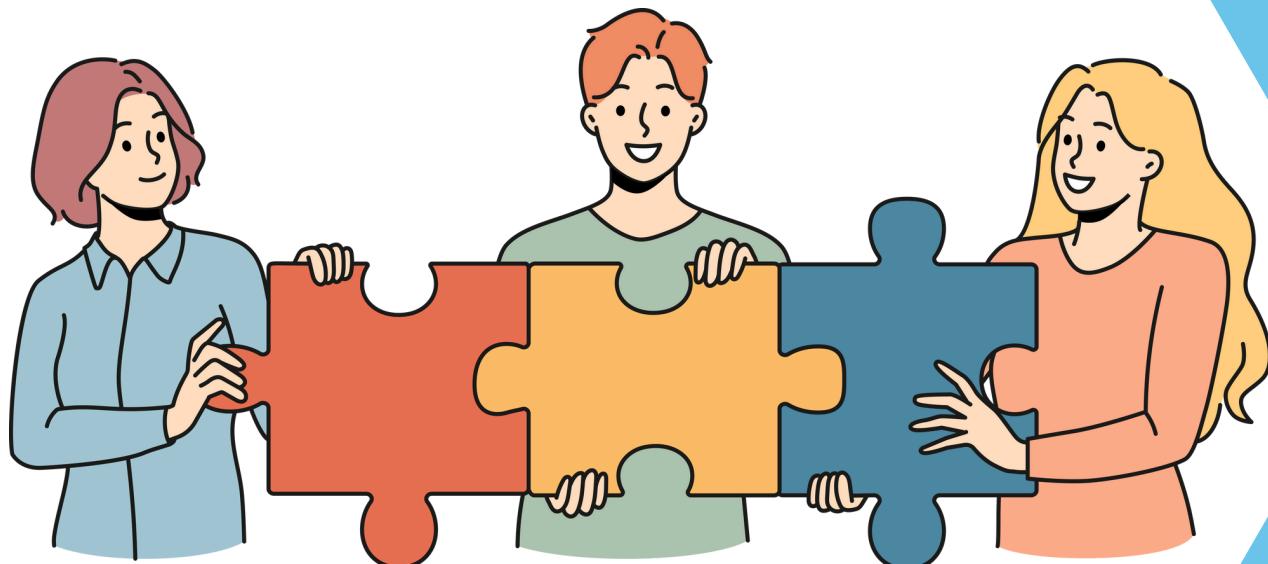
- 訂閱選項：月費和年費的訂閱選項。提供農民會員進階服務，如農業碳認證。
- 訂閱管理：用戶可以管理自己的訂閱狀態，包括續訂和取消。



SUBSCRIBE

聯繫我們

- 客服：提供客服聯繫方式，如電話、電子郵件。
- 反饋表單：用戶可以提交意見或建議。
- FAQ：解答用戶可能的疑問，涵蓋訂購流程、退貨政策等。



會員服務—生產者

生產者會員服務：

1. 成本效益分析
2. 固碳農法教學
3. 固碳農法即時資訊
4. 協助申請碳認證
5. 碳索者年報

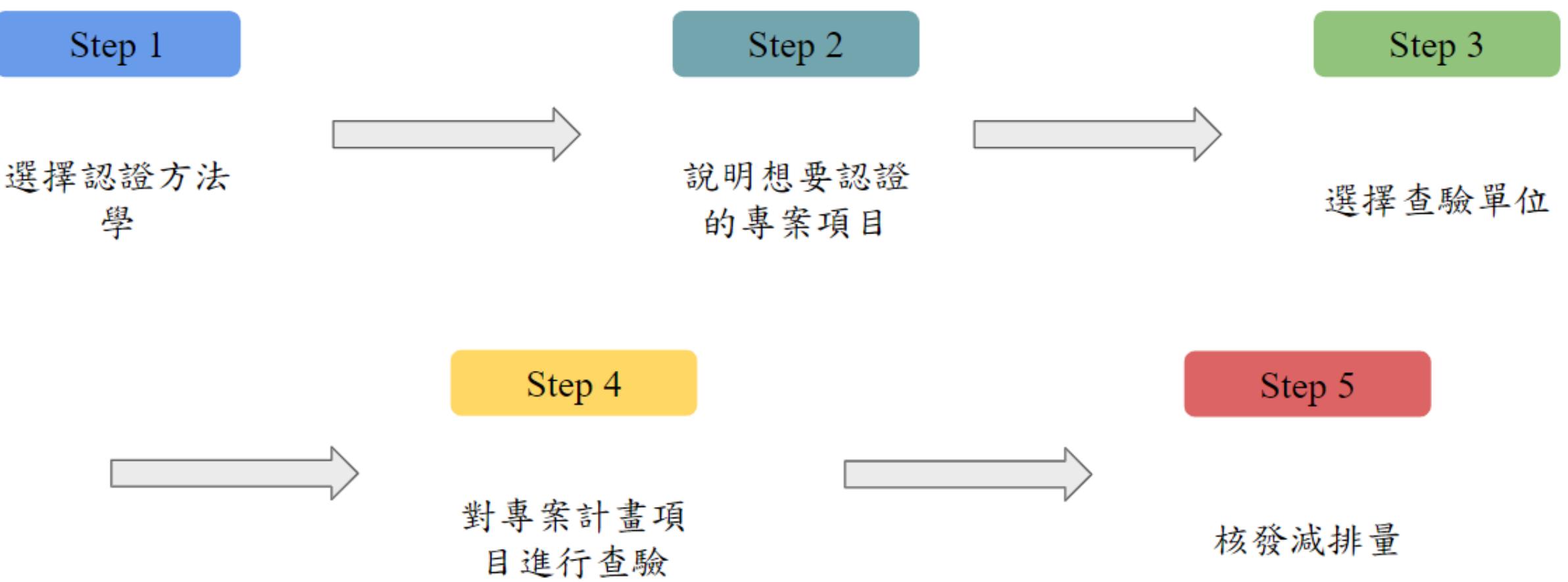


月費：600NTD

碳認證方式

碳驗證標準知多少？

以Verified Carbon Standard為例



固碳農法的碳認證程序：

- 步驟 1：土壤抽樣前的準備
- 步驟 2：施加橄欖石
- 步驟 3：二次土壤抽樣
- 步驟 4：土壤樣本分析
- 步驟 5：碳固定量計算

為確保碳認證的準確性，在整個過程確保抽樣、施肥及檢測都由本團隊進行。

同時，團隊將與專業環保機構合作，以符合國際碳市場的標準。

消費者會員服務：

1. 固碳農法農產品
2. 固碳農法即時資訊
3. 集點優惠活動
4. 碳索者年報



■ 消費者會員制度

普通會員

銅質會員

銀質會員

金質會員

- 會員權益差異化設計，刺激會員消費意願並增加會員忠誠度
- 階段性獎勵措施，晉升更高階會員享好禮優惠
- 分群行銷管理，提供最適化服務

消費者會員經營(1)



年度消費累積達48000元

- 當日消費滿250元獲得一點
- 集滿三點享8折優惠券
- 每年度享6次免運費服務
- 生日禮金1000元消費券



年度消費累積達12000元

- 當日消費滿800元獲得一點
- 集滿三點享9折優惠券
- 每年度享2次免運費服務
- 生日禮金300元消費券

消費者會員經營(2)



年度消費累積達24000元

- 當日消費滿500元獲得一點
- 集滿三點享85折優惠券
- 每年度享3次免運費服務
- 生日禮金600元消費券



註冊會員

- 首購優惠100元禮金
- 生日禮金100元消費券
- 階段性優惠

消費者會員收費

$$\text{消費者付費金額} = \text{總消費金額} \times 10\%$$

每筆消費抽取總消費金額之10%，作為碳索者團隊營運及平台維護經費來源。



作品應用範圍

固碳農法能有效提升植物的產量，並且在種植過程中吸收二氧化碳。在矽酸鹽風化過程中，碳封存是一個長期且持續的過程。最後，透過聊天機器人「智慧碳勘探者」和「碳探者農業網」可以估算農民透過這些農業方法所獲得的利潤。

1. 提升農作物產量

固碳農法可讓植物更有效吸收營養元素，使其產量大幅提升



2. 二氧化碳封存技術

橄欖石風化作用，在種植期中可封存二氧化碳，轉化為農民的碳權。

3. 成本效益估算

透過Chatbot 計算農民使用固碳農法後，可獲得多少利潤，其中包括碳權收益和植物產量提升

1. 技術進步降低矽酸鹽開採成本

在台灣，矽酸鹽類岩石的開採和研磨並不常見，導致相關成本極高。以我們團隊的實驗為例，每公噸橄欖砂的成本達到新台幣20,000元。

相比之下，根據Köhler et al. 於2010年的研究，同樣數量的橄欖砂在成本上僅需約400元。這表明當地的技術成熟與普及可以顯著降低成本。

同時發現，在台灣東部每年都因工業開發而產生54 萬多噸蛇紋石廢料，其目前沒有任何商業價值(Cheng, 2002)。但因蛇紋岩的結構跟橄欖石一致，可透過風化過程達到碳封存。



2. 更多類型的固碳肥料包

台灣農業擁有豐富的多樣性，全年無休地種植各種作物。因此，農業活動涉及多種不同的作物品種。為了應對這一多樣性，我們團隊將持續進行實驗，並希望與台灣的肥料公司合作，共同開發更具針對性的固碳肥料包。

例如肥料包將專門針對花果類、菇蕈類和根莖類蔬菜等等，目的是在廣泛的農業活動中推廣使用固碳肥料，以實現永續農業和減少碳足跡。



預期成果

預計若台灣 5% 的農地施行固碳農法一年後，經濟收益將達 83 億元，效益顯著。

40,000公頃（約全台5%的農地面積） \times 209,718*（每公頃之固碳農法淨收益）

$$= 8,388,720,000 \text{ NTD}$$



* 利用實驗資料模擬計算所得，當1800公斤的肥料（建議使用量）和5000公斤的橄欖砂作為混合肥料種植時，其收益是沒有添加橄欖砂的1.46倍。