

# 114 年度氣候變遷創意實作競賽

## 決賽作品說明書

|        |                                                |
|--------|------------------------------------------------|
| 隊伍編號   | 021                                            |
| 隊伍名稱   | 翌年有瑜                                           |
| 作品中文名稱 | 水稻適栽度與風險評估系統                                   |
| 作品英文名稱 | Rice Suitability and Risk Assessment<br>System |

參賽學校：\_\_\_\_國立臺灣大學\_\_\_\_

指導老師：\_\_\_\_劉力瑜\_\_\_\_

團隊成員：\_\_\_\_林容丞、李承翰、李孟潔\_\_\_\_

## 中文摘要

政府推出農業保險以降低氣候變遷下農民經營風險。但現行保險涵蓋作物種類少，亦無法反映農作物於整個生長期面臨的風險。故此作品以水稻為例，使用 DSSAT 建立臺灣品種適栽度地圖，模擬不同氣候下各地各品種適栽度，協助政府精準評估種植風險。

## 英文摘要

To mitigate the risks faced by farmers under climate change, the government has implemented agricultural insurance. However, current insurance cover only a limited range of crops and lack precision in capturing growth-stage risks. Therefore, this study uses rice as an example and applies the DSSAT model to develop a crop suitability map for Taiwan. By simulating cultivar suitability across regions under different climate scenarios, this system assists the government in assessing cultivation risks accurately.

## 一、設計構想及運作說明

近年來氣候變遷加劇，極端氣候發生頻率日漸增加，對農作物生產造成危害。根據農業部的統計資料，至 2005 到 2022 年間，每年平均天災造成的損失高達近 120 億元，且農民須自行負擔其中 75% 以上的損失 [1]。為此，政府在民國 104 年開始推出農業保險，以降低農民的經營風險。現行臺灣農業保險主要分成政策型和商業型，政策型大多屬於收入型保險，使用前幾年的平均產量來計算基準收入，只要農民收入低於基準收入即可啟動理賠機制。商業型保險則分為實損實賠型、收入型、氣象參數型等，其中以天氣指數型（又稱氣象參數型）為大宗。天氣指數型保單是以一段時間內的累積雨量、溫度、瞬間風速等資料做為理賠條件啟動的參數，可免去勘災問題，發放補償較快，也因使用的參數值具有客觀性，可避免道德風險的問題 [2]。面對日漸嚴重的極端氣候，若要協助農民及時彌補災損，開發天氣指數型保險應為較佳之解方。

然天氣指數型保單雖較能及時應對天災帶來的損失，現行許多天氣指數型保單卻僅以單一氣象站的氣象資訊作為理賠基準，但因各農地微氣候和氣象站不同，容易造成農民有災損卻無法獲得理賠，使投保過的農民認為投保並不划算，也減少未投保的農民參與保險的意願。例如在屏東投保木瓜保單的農民，便因作為理賠標準的氣象觀測站所在位置與實際種植區域不同，造成農民無法獲得理賠 [3]。

且作物的生長並不只受單一氣候條件影響，而是多方因素下的綜合結果，即便是同種作物，不同地區間以及不同品種也不適用同一套評估標準，若僅以單一氣候因子做為評估作物受影響程度的條件，將無法精準反映實際情形，顯示目前的保單理賠基準設計應作出調整。此外，現行的農業保險涵蓋作物種類僅 28 種，共 44 張保單，許多大宗農作物仍缺乏相對應的保單。但是產險公司因農業保險損失率高、缺乏相關統計數據做為理賠基準等因素，使其開發保單意願低，讓許多農民想投保卻沒有機會。

有鑑於目前的指數型保險無法全面反映農作物在生長期面臨的風險，且農業保險涵蓋作物種類少，因此我們以水稻為例，利用 DSSAT 建立臺灣品種適栽度地圖，使政府可依據該品種在不同地區的氣候條件下之風險分布圖，制定各地保單，以最大化政府補助效益。我們也依據聯合國政府間氣候變遷專門委員會 (IPCC) 第六次評估報告 (AR6) 氣候變遷情境方案，模擬在不同氣候條件下臺灣各地各品種適栽度。透過各地保單間的區域化差異，不僅能使保單更貼近農民需求，更能夠間接帶來引導作用，使農民改變種植策略，強化「適地適種」的概念。我們希望以此模式作為基礎，拓展應用至其他作物，使臺灣因氣候變遷造成的整體農業災損可以逐年下降。

## 二、 作品材料說明

### (1) DSSAT

為建立臺灣品種適栽度地圖，本作品以水稻為目標作物，使用 DSSAT 模擬水稻生長發育情形及各地區產量。DSSAT 為一作物模式，可藉由輸入氣象資料、農地土壤資訊或作物特性等來模擬作物生長發育的變化、土壤含氮量及單位面積產量等。本研究採用 DSSAT 48 系統中的 CERES-Rice 模型進行水稻生長模擬 [4]。CERES-Rice 是一作物生長過程模擬模型，能夠模擬水稻從播種到收穫的整個生長過程，考慮了光週期、溫度、水分、等環境因子對作物生長的影響 [5]。該模型已被廣泛應用於水稻產量預測、氣候變遷影響評估及農業管理策略分析等領域，如糧食生產評估系統 [6]。

### (2) 氣象資料與氣候模擬

本作品使用的氣象資料來自於中央氣象署的農業氣象觀測網監測系統，以及臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台 (TCCIP) 上的歷史氣候資料。此外，為模擬數十年後氣候變遷加劇對作物生長的影響，亦使用聯合國政府間氣候變遷專門委員會 (IPCC) 的第六次評估報告 (AR6) 中所提出之氣候變遷情境進行分析。AR6 綜合最新的觀測資料與氣候模型結果，設計出多種未來碳排放情境，以評估不同社會、經濟發展策略下的氣候變遷影響。本研究選取四種代表性排放情境進行比較，分別為：SSP1-2.6 (ssp126)、SSP2-4.5 (ssp245)、SSP3-7.0 (ssp370) 及 SSP5-8.5 (ssp585)。其中，SSP1-2.6 代表全球積極推動永續發展與減碳措施，

能將全球暖化控制於約 1.5°C 至 1.8°C 之間；SSP2-4.5 則描述一種中庸路徑，即使有部分減碳行動，仍難以完全遏制氣溫上升；SSP3-7.0 描繪地緣政治緊張、國際合作不足的未來情境，導致溫室氣體排放持續上升；而 SSP5-8.5 則為高經濟成長下依賴化石燃料的情境，預測至 2100 年將導致地球暖化超過 4°C。

氣候模擬方面則使用全球氣候模式 (GCM) 中的 MIROC 模式 (Model for Interdisciplinary Research on Climate)。全球氣候模式為一用來模擬全球氣候變化的數值模式，能用以表達不同情境下可能的氣候變化。本研究中使用之 MIROC 資料涵蓋多種 SSP 排放情境下的氣象變數，可有效提供不同暖化層級下的氣候變異資訊，作為後續衝擊評估與適應策略研擬之依據 [7]。

### (3) 適栽度評估

適栽度以效用函數為理論基礎進行設計，以更準確地評估不同地區或環境條件下某品種的適栽性。本作品所使用之適栽度效用函數為：

$$U = \text{平均產量} - \text{平均產量損失} \quad (2)$$

$$\text{平均產量損失} = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i)}{n} \quad \text{if } y_i < \bar{y} \quad (3)$$

其中， $U$  為效用值，「平均產量」以各地平均產量帶入，「平均產量損失」定義為某一年度產量低於該品種在桃園與高雄試驗場過去十年平均產量 ( $\bar{y}$ ) 的損失量 ( $\bar{y} - y_i$ )，得到的  $U$  值越大代表適栽度越高。模型推導過程於下一節詳盡說明。

### (4) 成品示意圖

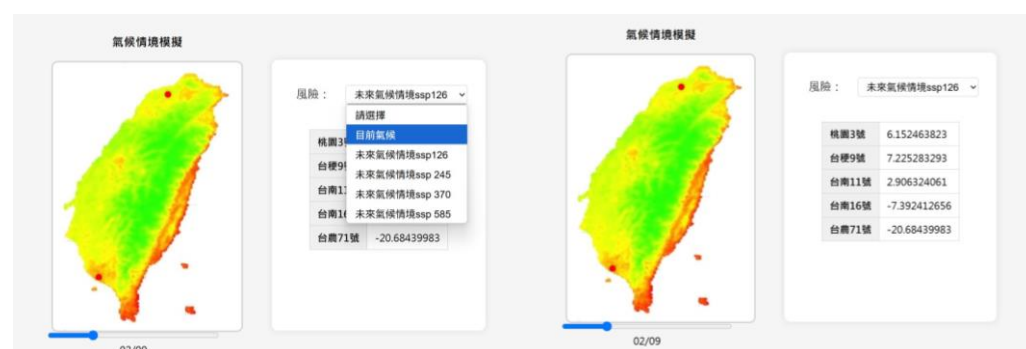


圖 1. 未來氣候情境下適栽度模擬

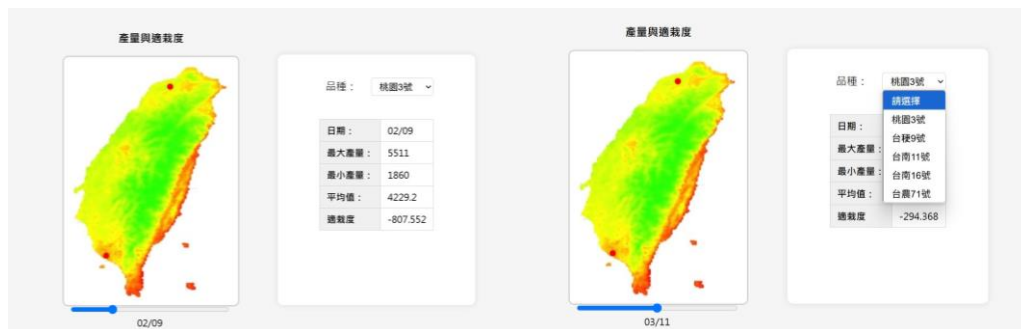


圖 2. 品種適栽度模擬

綜合以上方法，本作品以視覺化方式建立如上圖的動態網站。由下拉式選單可選取不同品種，查看不同品種在各地的預估產量及適栽度。另外也可選擇不同氣候條件，檢視不同品種在不同氣候條件下於當地的適栽度。

### 三、 創作特點與創意說明

本作品除使用 DSSAT 系統中的 CERES-Rice 模型進行水稻生長模擬外，同時也以實際資料進行參數校正與驗證，確認模型準確度高。另外，以效用函數做為評估適栽度的方法，呈現在不同氣候條件風險下產量的差別。我們亦根據 IPCC AR6 報告，模擬未來可能的情境，設計不同碳排放造成的影響下，各地各品種的作物產量差異。以下針對此三點進行說明。

#### (1) DSSAT 校正：

本研究採用 DSSAT 48 系統中的 CERES-Rice 模型進行水稻生長模擬 [4]。並利用利用試驗資料校正新品種水稻的生長參數。CERES-Rice 為一作物生長模擬模型，綜合考量光週期、溫度、水分、等環境因子對作物生長的影響，可模擬水稻生長過程 [5]，並廣泛應用於水稻產量預測、氣候變遷影響評估及農業管理策略分析等領域，如糧食生產評估系統 [6]。此模型經實際資料驗證，結果顯示平均誤差小於百分之三，顯示此模型準確度高。

#### (2) 適栽度評估：

本作品使用兩個實際田區試驗資料，並以水稻為目標作物，依據 DSSAT 模擬過去十年水稻產量，生成兩地的適栽度。適栽度為同樣栽培法與操作之下，不同氣候造成的產量變異與最終產量的關係。在本作品中適栽度以效能函數表示。

為同時納入作物的平均產量與產量損失風險兩項考量，參考財務管理領域中所常用之均值-變異數效用模型（mean-variance utility model）作為理論基礎[1]。該模型以以下形式表示：

$$U = E(r) - \frac{1}{2} A \sigma^2 \quad (1)$$

其中， $U$  為效用值， $E(r)$  表示期望報酬， $\sigma^2$  為報酬的變異數，代表風險程度， $A$  則為風險厭惡係數，用以量化決策者對風險的敏感程度。此函數反映理性投資決策的基本邏輯，即決策者在追求高報酬的同時，會根據風險程度調整其效用評估。當  $A$  值越高時，表示風險厭惡程度越強，則在面對相同風險時其效用將減少得更為顯著。該模型目前已廣泛應用於投資組合理論與資產配置分析領域。

然而，當該模型應用於農業生產適栽度之評估時，需依據實際情境進行調整[2]。首先，原模型中的期望報酬  $E(r)$  改以各地區之平均產量替代；其次，考量本模型將作為公部門政策規劃與保險設計之參考依據，為簡化分析並排除個體差異，風險厭惡係數  $A$  設為 1。此外，由於產量變異往往極大，且政府在農業保險制度中多聚焦於損失規模[3]，本研究進一步將變異數項  $\sigma^2$  改以「平均產量損失」表示，該損失定義為某一年度產量低於該品種在桃園與高雄試驗場過去十年平均產量 ( $\bar{y}$ ) 的損失量 ( $\bar{y} - y_i$ )。因此，新的適栽度效用函數修正為：

$$U = \text{平均產量} - \text{平均產量損失} \quad (2)$$

$$\text{平均產量損失} = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y} - y_i)}{n} \quad \text{if } y_i < \bar{y} \quad (3)$$

透過此一修正後的效用模型，得以更準確地評估不同地區或環境條件下某品種的適栽性，兼顧其穩定性與生產風險，並作為農政單位推廣政策或保險設計的重要依據。

### (3) 未來氣候情境模擬：

為模擬未來氣候變遷加劇對作物生長的影響，自聯合國政府間氣候變遷專門委員會（IPCC）第六次評估報告（AR6）所提出之多種氣候變遷情境中，選取 SSP1-2.6（ssp126）、SSP2-4.5（ssp245）、SSP3-7.0（ssp370）及 SSP5-8.5（ssp585）四種代表性排放情境進行比較，涵蓋從低至高不同程度之溫室氣體排放與全球暖化趨勢。SSP1-2.6（ssp126）代表在全球積極實施永續發展和減碳措施下，溫室氣體排放大幅下降、全球暖化趨勢最緩和的情境；SSP2-4.5（ssp245）則代表社會發展與環境政策穩定，採取有限減碳行動，導致中度暖化；SSP3-7.0（ssp370）則反映全球政治緊張下缺乏有效氣候行動，使溫室氣體排放持續增加，導致高暖化的情境；SSP5-8.5（ssp585）為最極端情境，在全球依賴化石燃料驅動高經濟成長，導致氣候變遷影響最劇烈。這四種情境提供不同氣候風險程度下的未來參考框架。

氣候模擬方面採用由日本多機構合作開發的 MIROC 模式（Model for Interdisciplinary Research on Climate）進行推估。MIROC 模式屬於全球氣候模式（GCM）之一，具備多層次氣候系統互動的模擬能力，於 IPCC 評估報告中被廣

泛應用 [7]。本研究中使用之 MIROC 資料涵蓋多種 SSP 排放情境下的氣象變數，可有效提供不同暖化層級下的氣候變異資訊，作為後續衝擊評估與適應策略研擬之依據。

#### 四、作品應用範圍及發展潛能



本作品建立之臺灣品種適栽度地圖，依據各地區不同氣象條件評估作物的適栽度，可作為政府針對各地農業保險規劃之參考資料。藉由量化不同品種在不同地區的適栽度，可提供更貼近農民實際需求的農業保險，降低農民經營風險，並協助產險公司開發各式作物的保單。

然本作品因硬體及預算限制，使用的資料來源有限，因此在未來預計將臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台 (TCCIP) 的歷史氣候重建資料作為 DSSAT 系統模擬的輸入值，取得全台網格化的風險資料。此外，DSSAT 系統可模擬數種臺灣常見的作物，包括玉米、大豆、小麥等糧食作物，雖然系統內建的品種大多為國外常用品種，但經臺灣各農改場的區域試驗資料校正後，將可模擬其他本地品種，呈現在各品種於不同地區種植時的適栽度與相對優劣性。未來亦將納入氣候變遷情境下的模擬結果，在逐年更新的基礎上，針對各地區預測年度內損失量最低的品種進行適栽建議。此種以氣候動態結合風險評估的方法，可強化農業保險制度對極端氣候風險的韌性與適應能力，並能協助政府制定精準農業決策，協助農民選擇最適合當地環境條件之作物品種，進一步強化農業生產效益與風險管理。

除針對氣候風險進行適栽度評估外，本作品所使用之效用函數模型亦具拓展性，可從現行以產量為基礎的函數擴展至以產值或報酬率為核心的函數。由於目前可取得的資料較為有限，適栽度評估目前僅以各地區之平均產量及減產量作為判斷依據，尚未納入實際生產成本等經濟面因素。然而，在農民實際進行作物選擇時，除產量外，生產成本、售價及可能獲得的總收益亦為關鍵考量。因此，未來若能蒐集並整合各地區、各品種在實際栽培條件下的生產成本資料，便能進一步將適栽度的效用函數從單純的產量函數延伸為產值或報酬率的函數。此擴展可將適栽度的評估由生產面延伸至經濟層面，有助於提升模型對農業保險設計的解釋力與應用價值。

## 五、 工作分配

林容丞：模型開發、作品說明書撰寫

李承翰：模型開發、作品說明書撰寫

李孟潔：模型開發、作品說明書撰寫

## 六、 參考文獻

- [1] 行政院農業部農糧署。國產糧食進口現況。瀏覽日期：2025 年 5 月 4 日。取自：[https://www.afna.gov.tw/view.php?theme=web\\_structure&id=208](https://www.afna.gov.tw/view.php?theme=web_structure&id=208)
- [2] 農傳媒 (2022)。我國實施氣象參數型農業保險之檢討與精進（一）：保險特性與國外經驗。瀏覽日期：2025 年 5 月 4 日。取自：<https://www.agriharvest.tw/archives/87923>
- [3] 林怡君 (2024 年 09 月 12 日)。農業保險體檢 04》農民保費越少越好？保險公司賺太多？看氣象數字理賠為何出問題？上下游。瀏覽日期：2025 年 5 月 4 日。取自：<https://www.newsmarket.com.tw/blog/210196/>
- [4] Jones, J. W., Hoogenboom, G., Porter, C. H., Boote, K. J., Batchelor, W. D., Hunt, L. A., ... & Ritchie, J. T. (2003). The DSSAT cropping system model. *European journal of agronomy*, 18(3-4), 235-265.
- [5] Ritchie, J. T., Singh, U., Godwin, D. C., & Bowen, W. T. (1998). Cereal growth, development and yield. *Understanding options for agricultural production*, 79-98.
- [6] 陳俊仁、姚銘輝、陳宣蘋、廖芳瑾 (2014)。糧食生產評估系統之建置：以水稻生產為例。 *台灣農業研究*，63(1)，84-90。
- [7] Tatebe, H., Ogura, T., Nitta, T., Komuro, Y., Ogochi, K., Takemura, T., ... & Watanabe, M. (2019). Description and basic evaluation of simulated mean state, internal variability, and climate sensitivity in MIROC6. *Geoscientific Model Development*, 12(7), 2727–2765. <https://doi.org/10.5194/gmd-12-2727-2019>