

## 農業防災體系及農作物早期災害預警平臺

姚銘輝<sup>1\*</sup>、李亭儀<sup>2</sup>、柳再明<sup>3</sup>、陳永明<sup>2</sup>、呂椿棠<sup>1</sup>

**摘要：**農業是一個強烈受環境影響的產業。近年來，氣候變遷引起的極端天氣事件發生頻率增加，災害直接影響農作物生產和農產品的穩定供應，因此，農業防災體系的建立和強化是極需完成的工作。本研究整合氣象資訊及作物生育特性，分別依據平時、災前、災中及災後等階段制定相對應之防災策略，最終目標在強化農民自主性防災能力，藉以確保農民收益及降低農業災害。同時，強調推廣防災信息的機制，透過資訊平臺或 APP 等工具，提供精緻化氣象預報和早期災害預警資訊。本研究除介紹現有農業防災體系，並由跨領域合作建立農作物早期災害預警系統為案例，說明農業領域在災害管理上的具體成果。

**關鍵字：**農業、防災、早期預警系統

## AGRICULTURAL DISASTER PREVENTION SYSTEM AND EARLY WARNING PLATFORM FOR CROP DISASTERS

Ming-Hwi Yao<sup>1\*</sup>, Ting-Yi Li<sup>2</sup>, Tzay-Ming Leou<sup>3</sup>, Yung-Ming Chen<sup>2</sup>, Chun-Tang Lu<sup>1</sup>

**Abstract:** Agriculture is the sector most vulnerable to climate change. In recent years, the frequency of extreme weather events caused by climate change has increased, and disasters have directly affected crop production and the stable supply of agricultural products. Therefore, effective agricultural disaster prevention systems must be established and strengthened. We integrated meteorological information and crop characteristics to develop disaster prevention strategies for predisaster, peridisaster, and postdisaster stages. The aim was to strengthen the autonomous disaster prevention capabilities of farmers to ensure their profitability and mitigate the impacts of crop disasters. Disaster prevention information should be disseminated through the provision of refined forecasts and early disaster warning information through information platforms and applications. In sum, this paper introduces an agricultural disaster prevention system applied to disaster management in the agricultural sector through cross-disciplinary cooperation to establish an early crop disaster warning system.

**Keywords:** Agriculture, Disaster prevention, Early warning system

---

<sup>1</sup> 行政院農業委員會農業試驗所；Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan

<sup>2</sup> 國家災害防救科技中心；National Science and Technology Center for Disaster Reduction

<sup>3</sup> 交通部中央氣象局；Central Weather Bureau, Ministry of Transportation and Communications

\* 通訊作者：姚銘輝，413008 臺中市霧峰區萬豐里中正路 189 號 行政院農業委員會農業試驗所；Ming-Hwi Yao: Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

Email: mhyao@tari.gov.tw

## 壹、前言

氣候變遷除導致全球暖化外，極端氣候發生頻繁對於農業生產構成極大威脅，科學家分析 1980 年以來升溫現象和破紀錄的災害事件兩者有相關性。依據德國看守協會（Germanwatch）在 2021 年發布「全球氣候風險指數」（Global Climate Risk Index 2021）報告，其中氣候風險指數（Climate Risk Index, CRI）分析 180 個國家的數據，臺灣排名第 116，但 2000～2019 年間臺灣則排名第 36（Eckstein, Künzel, & Schäfer, 2021），基本上和當年全球各地發生災害強度及受損金額有關。臺灣每年受農業氣象災害侵襲所造成之損失平均約 77 億元（圖 1），不僅農民收益無法保障，也因供應量減少使農產品價格飆漲，引起消費者的抱怨。常見農業氣象災害包括颱風、豪雨、高溫、寒害及乾旱等，除影響農作物供銷穩定外，豪雨或颱風造成坡地崩塌，或土石流淹沒良田，對農地環境及農耕永續發展造成極大的損害（張紉芳、梁仁有、楊慧玉，2009）。

防災一直是政府重要施政項目，行政院農業委員會（以下簡稱農委會）積極推動農業（含災害）保險制度（農委會，2021），希望引進民間資源以保障農民收益，但另一方面，研提及執行科技研發計畫，希望藉由科技研發以加強農業防災資訊推廣及防災技術利用（陳永明等，2018；鄧傳忠等，2017），具體作為如依據作物致災條件提供精緻化災害早期預報及預警，建立災前防範及災後復原的機制，及透過教育宣導將防減災觀念推廣至農業經營者，由被動受損轉換成積極防範，使農業災損降至最低，讓人民對農業防減災與穩定農產品供應有感。

本文主要介紹目前農業防災之研究進展，雖然災害的預報仍有科學上的限制，災害防範也僅能以「減災」為目標，但仍可藉由科技研發的努力，完善農業防災體系，但因涉及面項極廣，本文僅介紹整合農作物及氣象資訊之農業防災體系，及農作物災害早期預警系統。

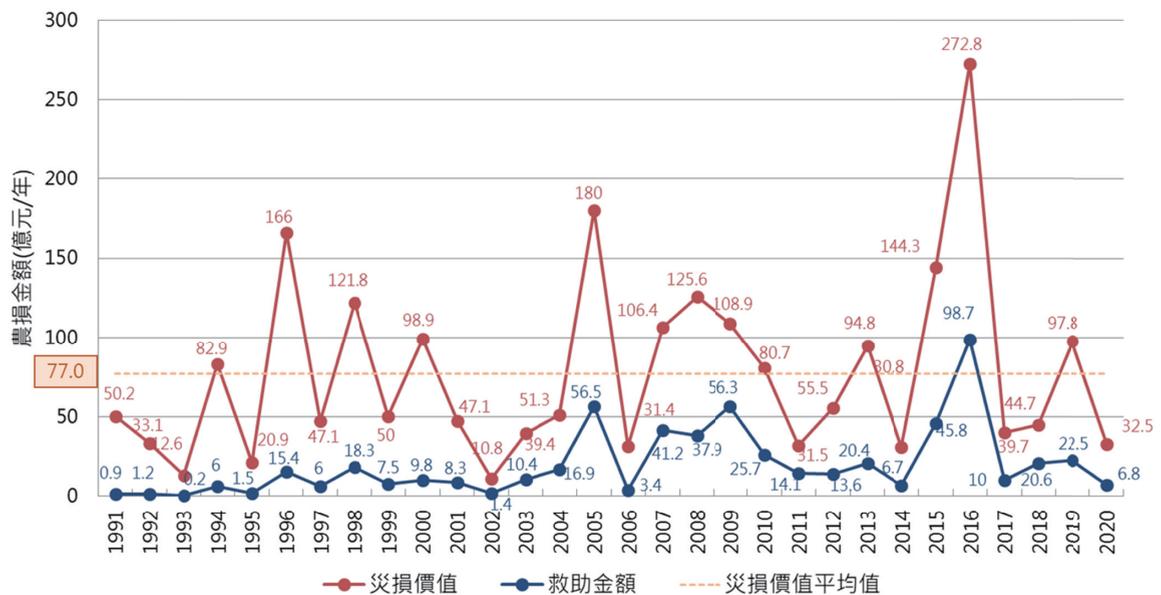


圖 1 歷年農作物災損金額及災害救助金發放之統計

Fig. 1 Statistics on the amount of crop losses and the amount of disaster relief fund from 1991 to 2020

資料來源：本研究整理。

Source: This study.

## 貳、臺灣農業氣象災害現況

我國地理位置位於海陸交界，加上地貌複雜及山勢陡峻，發生氣象災害種類甚多，圖 2 為過去 30 年（1990 ~ 2019 年）歷年農損災害所占比例及每年平均災損金額。颱風所造成災害為最主要，約為 69.58%；雨害占 16.76%；低溫則以一期作水稻插秧期、坡地果樹及茶區所受之寒害，約占 6.96%；乾旱雖從過去資料統計僅 3.62%，但 2020 ~ 2021 年間卻發生嚴重乾旱事件（USDA Foreign Agricultural Service, 2021），未來在氣候變遷衝擊下，農業災害類型及受損比重或許將改變。臺灣農作物種類繁多，約有 300 多種作物種植於 79 萬公頃的土地上，作物種植與易受災害間的關係相當複雜，例如地域的影響，花蓮瑞穗和臺南麻豆皆是文旦的重要產區，但受災類型及強度明顯不同；生育期差異，冬季低溫（15°C 以下）對正值芒果開花期易造成損失，但若在其他生育期則不受低溫影響（石佩玉，2017）。由於農作物在每一生育階段對特定災害敏感度不同，再加上種植地區的地貌或微氣象條件，農業防災的整備相對於其他領域是較為複雜。

依據全臺農作物（果品、蔬菜及水稻）歷年災損救助金額統計圖（圖 3），由各鄉鎮累積災損金額可顯示其易受損程度，受損金額越大即所謂熱區（hot zone），例如果品以臺中市和平區最易受災害影響，因當地種植高經濟性之溫帶水果，採收期又在颱風容易發生的季節，造成該地區是災損最為明顯的熱區。此外，不同災害類型發生與嚴重程度之年際變化，常衝擊到農產品的產銷平衡，例如 2016 年是近年來農業災損最多的一年，1 月下旬發生極端低溫事件，年中尼伯特颱風橫掃花東地區，9 ~ 10 月連續三個颱風（莫蘭蒂、梅姬、馬勒卡）襲臺，帶來全年高達 300 億元的農作物損失（農糧署，2017）。2017 ~ 2020 年間侵臺颱風甚少，但 2018 ~ 2019 年發生暖冬事件，導

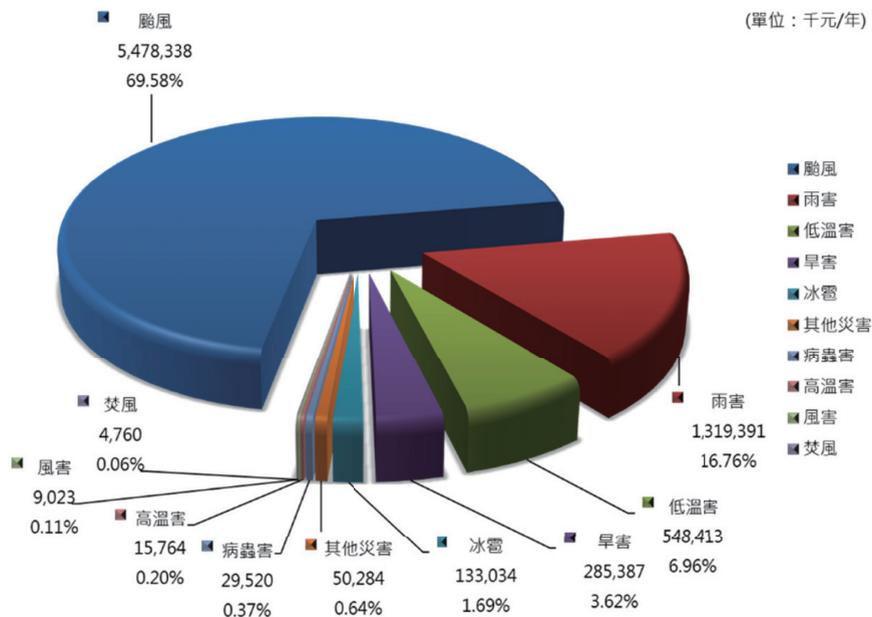


圖 2 過去 30 年平均農作物受損災害別比例（1990 ~ 2019 年）

Fig. 2 Percentage of crops damaged by disasters in the past 30 years (1990 to 2019)

資料來源：本研究整理。

Source: This study.

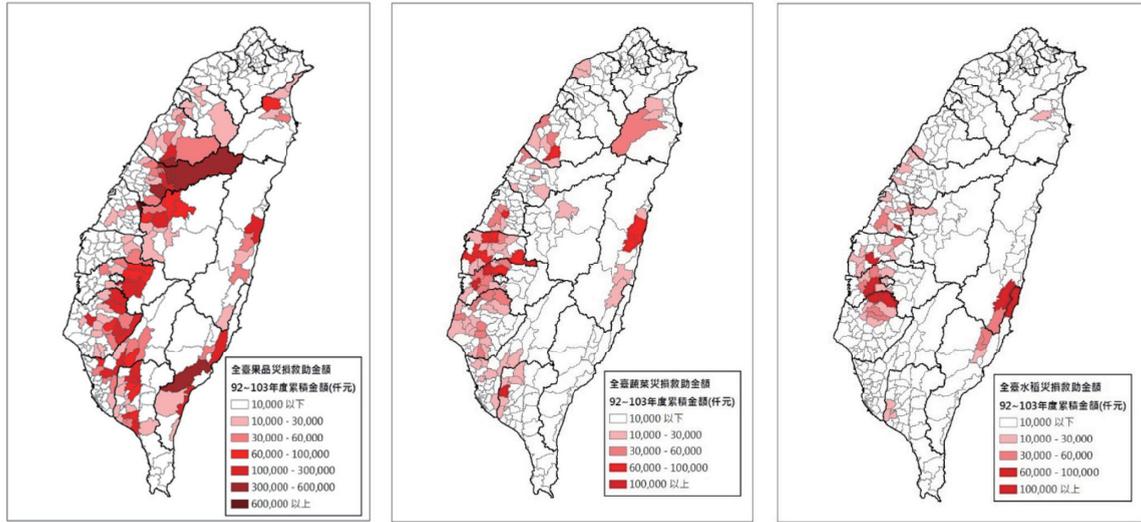


圖 3 三類主要農作物（果品、蔬菜及水稻）之累積災損救助金額

Fig. 3 Accumulated disaster relief fund for the three major crops (fruits, vegetables and rice)

資料來源：本研究整理。

Source: This study.

致需冷性果樹不開花授粉，不僅造成荔枝、龍眼歉收（陳盟松、吳庭嘉，2020），蜜蜂因無蜜源植物而使蜂蜜大幅減產；又 2020 ~ 2021 年則發生 60 年來最嚴重的乾旱現象，造成水稻休耕及果樹減產（農糧署，2021），顯示臺灣整體農業生產面對災害之應變能力相當脆弱。因此建構完整的農業防災體系與研發作物災害早期預警技術，同時輔導農民提早進行防災準備以減少災損，農政單位則提前啟動冷藏蔬果的釋出，或由國外緊急進口以維持國內供需及價格穩定，透過提前預警及相對應防災作為，有助於維護農民收益與消費者需求。

## 參、農業防災體系建構

農業氣象災害威脅農作物生產及農產品穩定供應，尤其是豪雨及颱風發生對於農業的影響更形劇烈。雖然目前農委會對於災害復耕救助有一套系統，但面對未來氣候變遷下災害發生頻率與強度將更為極端化，必須建構更完整與更有效率之防減災體系，以減緩極端天氣所帶來的衝擊。2016 ~ 2019 年執行「農林氣象災害風險指標建置及災害調適策略之研究」（以下簡稱農業防災計畫）透過資料庫整合、防減災技術研發及農作物生產專區之防災整體營造等作為，推動防減災調適策略以照顧農民生計及穩定農產品供應，經過 4 年科技計畫執行已研發具有實用性的防災作為，基本上，將每場災害事件依據平時、災前、災中及災後之時間軸研發相對應之防災技術及作為（圖 4），計畫整體目標在於提升農民自主性防災能力，引導農民願意積極配合防災作為，成果才容易呈現，因此，每年皆辦理 60 場次以上之農業氣象防災講習，宣導各項防災資訊及作為予農民，本文針對農業防災體系的研發成果分別說明如下。

### 一、災前氣象災害資訊

氣象預報及災害預警的資訊來自於即時觀測資料，有關農業生產區之氣象站設置現況，1986

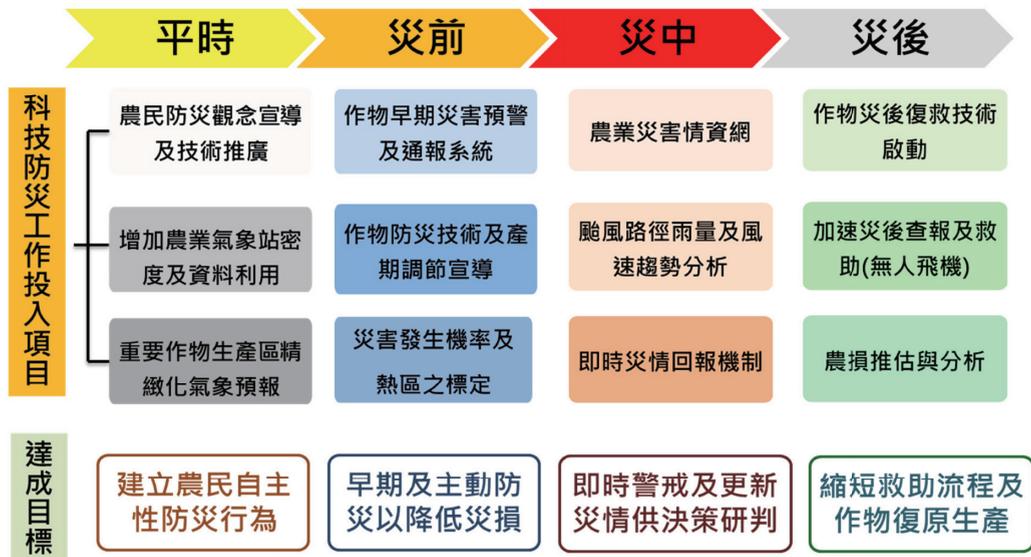


圖 4 農業防災之科技研發項目

Fig. 4 Technology research and development projects for agricultural disaster management

資料來源：本研究整理。

Source: This study.

年起農委會與中央氣象局合作成立「農業氣象觀測網」，在農委會所轄試驗改良場所共設立 28 處農業氣象站，然而，農業氣象觀測網經 30 年已呈現儀器老舊及觀測資料品質不佳等問題。因此，農委會與中央氣象局再次合作進行現有農業測站更新及依據農業產區需求新設氣象測站，共計新增或升級農業氣象站共 53 座，另外，氣象局原有自動站新增幅射量及地溫監測以符合農業需求，至 2021 年止共計有 160 個農業氣象站觀測資料供農委會所屬人員下載，用於農業資訊系統開發、勘災及輔導農民從事作物栽培建議之使用，對氣象資訊推播服務甚有助益（柳再明、錢根樹、蔣順惠，2021）。

災害預警及農事操作對於氣象預報的需求甚殷，目前中央氣象局以鄉鎮預報在空間上最為細緻，預報點設置在鄉鎮區公所之所在網格點位，但農作物生產區域往往遠離都市，甚至位在偏遠山區，市區現有預報點對農民田間管理工作之幫助相當有限。針對此需求，農委會與中央氣象局合作建置重要作物栽培區之精緻化氣象預報服務，目前已標定 93 個農作物專區及農委會 16 個所屬試驗場所之點位，氣象預報範圍約  $2.5 \times 2.5$  公里（圖 5），未來預計每年新增 30 個預報點位，期盼每一農業鄉鎮皆有作物專區之氣象預報服務。

早期災害預警除預報氣象資訊外，須先瞭解作物致災的臨界值，由於作物品項與不同生育階段對於氣象逆境之敏感程度有所差異，唯有透過模擬試驗、文獻回顧或農民訪查等方式，逐一盤點作物每一生育期可能遭遇之氣象災害及其致災臨界氣象條件。同時，建立完整的重要經濟作物之「防災栽培曆」，包括以「月」別劃分作物生育階段、可能遭遇之氣象災害、致災氣象臨界值、防災建議及措施、肥料及病蟲害管理等，對於防災宣導更有助益。圖 6 為已完成之番木瓜防災栽培曆，內容包含一年中 1 ~ 12 月番木瓜生育階段、栽培管理建議、可能遭遇災害及臨界致災條件，目前已完成 46 種重要經濟作物之防災栽培曆並放置在網路供各界參考，但有些臨界致災條件較難釐訂，

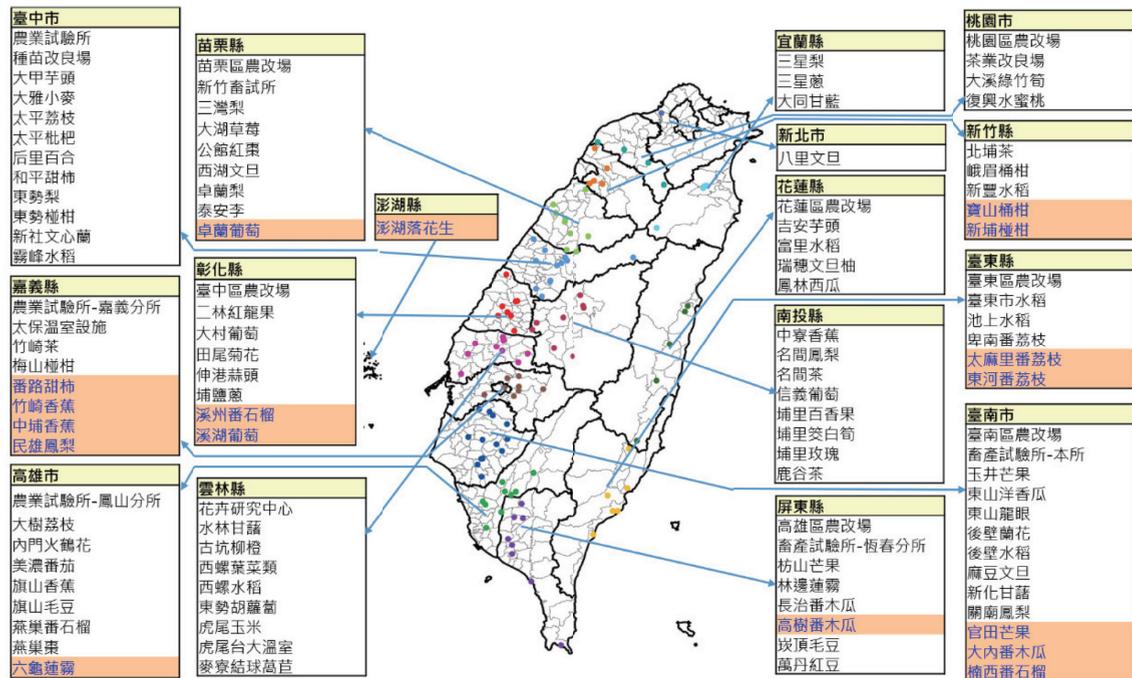


圖 5 109 個農業氣象預報點 (93 個農作物專區 + 16 個農委會所屬單位)

Fig. 5 109 agrometeorological forecast sites

(93 agricultural districts and 16 affiliated agencies of Council of Agriculture)

資料來源：本研究整理。

Source: This study.

尤其是雨量及風速，目前無相關資料之作物先以大雨等級及 10 級風速為預設值，待有新的資料再行更新。

農業防災作為可分兩類：一為適地適作的規劃，尤其是災害易發生熱區內的作物，經常遭遇災害卻難以防範，如種植在颱風易侵襲地區且正值收穫期的作物，應輔導農民轉作以達到避災觀點之耕作規劃，避免災損一再發生。另一為防減災技術的研發，透過栽培管理技術改進、資材或設施利用，產期調整等作為，減少作物受災風險。大面積及單位面積產值較低之作物，可透過品種選育及肥料栽培管理進行防減災，園藝作物則以高畦及覆蓋避免風雨害，或以支柱固定植體及適度修剪降低折傷。

就作物生長過程中，每一生育階段面臨不同災害，相對應之防災技術或策略不盡相同，尤其著重於已開發技術之擴大推廣。例如，宜蘭三星地區的蔥是颱風引起菜價波動的重要指標作物，強風導致青蔥莖部折損，失去商品價值，防風網的研發及運用具有實際降低風速的效果（陳智霖、楊素絲、姚銘輝，2017），同時符合「低成本」及「好施作」的需求，而這正是對農民推廣防災技術重要誘因。此外，我國臺東及屏東地區因地形效應，會出現焚風的現象，高溫及低濕造成果樹花器灼傷，但農民在果園常鋪有水管以作為灑水或施肥之用，只要加入簡易焚風感測器（建置成本約 5 萬元以下），當焚風發生時，自動偵測啟動果園灑水系統，降低溫度及提高濕度以避免焚風為害。其他技術如利用擾流風扇減少茶樹霜害發生，灌水提高水溫減少寒害受損等，皆是透

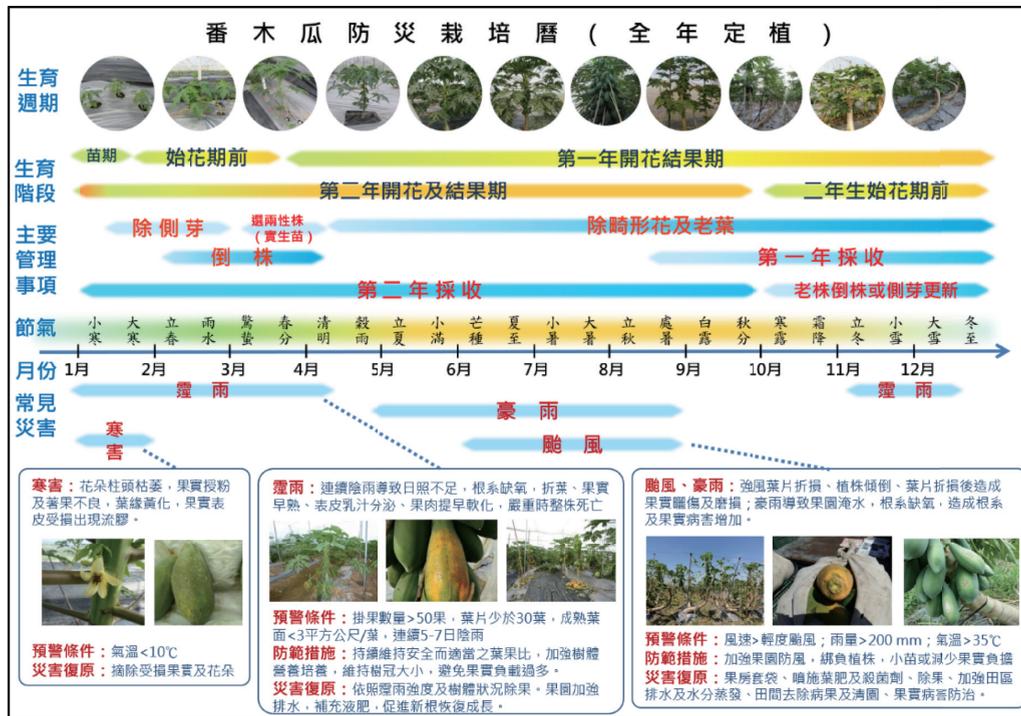


圖 6 作物防災栽培曆 (番木瓜為例)

Fig. 6 The papayas disaster preventing culture calendar

資料來源：高雄改良場王仁晃副研究員提供。

Source: Ren-Huang Wang, Kaohsiung District Agricultural Research and Extension Station.

過簡易方式，可適度減低災害損失的防災技術研發成果，而這技術透過實例說明推廣，是整體防災體系重要一環。

## 二、災中氣象災害資訊

我國有關氣象預報由交通部中央氣象局發布，當災害達啟動應變需求則由行政院災害防救辦公室（簡稱災防辦）接手，整合政府各部門資訊及啟動防災措施，農委會依據災害嚴重性機動成立緊急應變小組，進行農業災損通報及農產品供應調節。科技部國家災害防救科技中心（以下簡稱災防科技中心）發展之「災害情資網」，是政府或民間對於災害動態及災損現況之情資重要來源。災防科技中心另為農業部門研發「農業災害情資網」（<https://eocdss.ncdr.gov.tw/web2g/ot/coa>）（徐永衡、蘇文瑞、李欣輯、黃亞雯、陳永明，2018），除提供災害發生時動態資訊及靜態潛勢資訊查詢外，針對作物易受影響熱區及可能農業災損提出預警，供農委會及各縣市政府防災人員快速掌握所屬轄區即時農損情勢。當颱風或豪雨侵襲臺灣時，農業災害情資網針對農業之颱風、豪大雨、乾旱、寒害及整體災害潛勢情資進行研判，也包含各類氣象即時資訊，例如衛星雲圖、颱風觀測、示警資訊、豪大雨特報、累積雨量觀測、即時降水預報及淹水警戒，各種情資搭配圖文說明方式呈現，可供查詢災害警戒區農作物種植情形、農產品運輸道路狀況及防災標準作業流程及技術等。

當災害來臨時如何提供精準但簡易的資訊，對農民防災及政府應變是相當重要的工作。利用

歷史長期農業災害資料，依據不同災害路徑歸納農作物易受損熱區（以颱風為例），結合農政單位提供之即時作物生育狀態，製作「農作物防災資訊圖卡」（圖 7），目前已完成 12 ~ 4 月寒害、5 ~ 7 月豪雨害、7 ~ 11 月西南氣流及 5 ~ 11 月九大歷史颱風路徑之防災資訊圖卡，再將最新災害情資，易受影響作物圖卡、防災建議及宣導防災圖卡等資訊彙整成簡報檔。

具體作為災防科技中心於海警發布前即啟動預警，提供農業災害情資簡報檔，協助爭取田間備災作業時間，並輪值守視可能災害發生現況，隨時依據最新氣象情資修改簡報檔，農委會則協助易受影響作物圖卡作物品項確認。經兩單位通力合作所完成之災害情資簡報檔，可供農委會透過網路、簡訊、臉書及媒體傳遞訊息，或由改良場、農會或產銷班建立災害發布及宣導機制方式，以達農民防災推播之目的。

### 三、災後氣象災害資訊

災後推動救助及復耕是首要工作，各試驗改良場所研發作物受災後之復原作業，例如果樹傾倒如何扶正並進行修剪及施肥，維持果樹生長勢以期隔年正常生產，或噴施藥劑避免災後病蟲害大爆發。另一方面，政府災後針對受損區域發放災害救助金以提供農民購買種子及資材，儘速復耕恢復生產，但實際勘災作業卻面臨難處，尤其是災損的判定上屢有爭議。本研究導入無人飛行載具（unmanned aerial vehicle, UAV）應用於農業勘災使用，由災區定位與農損判識之相關技術的研發，建立高效率與數據化的農作物災害發生前後之影像資料，協助各縣市政府解決實際勘災作業及救助標準爭議，使農作勘災更有效率及減少爭議，有效的進行農業災害風險管理機制，目前相關作業及



圖 7 農作物防災資訊圖卡（2021 年 7 月烟花颱風為例）

Fig. 7 Crop disaster prevention information guide (example of Typhoon In-fa in July 2021)

資料來源：本研究整理。

Source: This study.

技術已導入實際勘災作業中。事實上，災害救助金僅為生產成本之 20%，為維護農民收益及增加從農意願，農業災害保險的推動是重要農業政策。

農作物天然災害保險分為實損實賠型（梨、香蕉植株及農業設施）、政府災助連結型（梨及芒果）、收入保障型（釋迦及香蕉）、區域收穫型（水稻、芒果及鳳梨）及氣象指數型（梨、蓮霧、木瓜、柚、甜柿、番石榴、荔枝、棗、柑橘、西瓜及養蜂）等保單（農糧署，2021）。期能藉由保險機制，降低農民因農產品遭受天然災害所產生之損失及維持穩定收益，並分散農民風險。

另有鑑於農業保險理賠依據是以氣象監測資料為門檻條件，但實務上常缺乏現地氣象觀測資料，因此，已推動「參與式防災」的機制，由產銷班出資，氣象局架設氣象站及品管，並提供精緻化預報，農業試驗所開發 APP，農民可由手機接收即時及未來一週預報資料，透過公私部門合作以提升農民氣象使用程度，另由於氣象局管控資料品質，農業災害保險公司可依據此資料做為理賠依據，減少理賠爭議。整體防災體系建置在於整合各領域資源，以提升農民自主性防災能力為目標，由災前防範、災中應變及災後保險等策略，建構完整農業災害調適能力。

## 肆、農作物早期災害預警平臺

因應極端氣候的威脅，臺灣農業科技發展勢必仰賴精確且在地化的氣象預報資訊與對災害性天氣的應變能力，傳達更精確之防災資訊予農民，「農作物災害預警平臺」（以下簡稱本平臺）（<https://disaster.tari.gov.tw>）（圖 8）以作物生理特性、不同生育階段及易致災臨界氣象條件為基礎，結合中央氣象局即時觀測資料與氣象預報作業，針對各鄉鎮市區主要栽培作物與農業專區提供「週」時間尺度之氣象服務及災害精緻化預報。依據預警區域的劃分，本平臺分為鄉鎮預警及作物專區預警兩種項目。選擇各鄉鎮種植面積最多之五種農作物作為預報重點，預報未來 7 日可能發生之災害類型，同時結合作物防災栽培曆的生理致災條件，以紅、黃、綠燈號呈現災害狀態與危害程度。另外，作物專區預警則由中央氣象局產製 93 種作物專區精緻化氣象預報功能為基礎。

本平臺基本上是以氣象資料在農業運用面向為主要內容，蒐集過去歷史氣象及作物資料，經過分析以產製加值性早期災害資訊，平臺已於 2018 年 5 月正式上線對外服務，提供查詢之項目及內容如下。

### 一、臺灣農業氣候型態及氣象災害發生率圖資

臺灣農業氣候圖資是中央氣象局利用長期氣象資料分析臺灣氣候型態，包括月平均溫度及月降雨累積量。災防科技中心由過去歷史資料分析，提供全臺以旬為單位之各項極端氣象變數發生機率圖資，包括日低溫（0~20°C），日最高溫（33~37°C），日累積雨量（200,350,600 公厘），3 日累積雨量（50,100,150 公厘）及連續降雨日數（5、7、10 日），這些圖資可供農民做為農作物種植規劃參考。

### 二、氣象資訊查詢系統

氣象站觀測資料可依行政區域、測站名稱、測站代碼查詢，或直接於電子地圖上點選測站圖示。就資料內容可分為歷史資料及即時資料兩部分，歷史氣象資料包括氣象局局屬站、農業站及自動站，提供統計性氣象資訊，包括：

- （一）時段統計：統計氣象站某一時段氣象資料，包括各項氣象因素之平均值、極端值或累積值。



圖 8 農作物災害預警平臺入口網站

Fig. 8 Homepage of crop disaster warning platform

資料來源：本研究整理。

Source: This study.

- (二) 連續資料：利用統計圖呈現查詢時間之大氣壓力、平均溫度、平均濕度、平均風速及累積雨量等。
- (三) 氣象分析評估：提供測站不同年度之氣象（氣溫、雨量）趨勢分析，比較年度之間相同月分氣象變化差異。

即時氣象資料包括農林防災計畫推動之農業氣象觀測網監測系統 (<https://agr.cwb.gov.tw>) (柳再明等, 2021)，更新或建置 160 個農業氣象站，農作物災害預警平臺提供各測站即時觀測資料、過去兩週氣象變化曲線圖及會員下載資料服務。

### 三、鄉鎮作物災害預警功能

作物災害早期預警是本系統的核心項目，災害預警須仰賴氣象預報資料的提供，目前中央氣象局預報最小空間尺度為鄉鎮，將各鄉鎮種植面積最多之五種農作物為預報重點，以紅、黃、綠燈號作為災害發生可能性之指標，同時由各區農業改良場提供之防災作為建議，讓農民接受災害訊息後瞭解如何因應以減少災損，形成完整災害預警及防範機制。

#### 四、重要作物生產專區之災害預警 APP

由於目前農民使用智慧型手機的比例很高，為災害即時資訊快速推播及提供客製化氣象預報服務的考量下，農業試驗所研發之「氣象 & 農業防災 APP」對外提供農民服務（圖 9）。由於臺灣許多重要作物生產區常是跨鄉鎮，所以標定生產專區作為服務對象，由作物生理特性之致災臨界條件，中央氣象局提供該專區之精緻化氣象預報，依作物別提供災害早期預警功能，讓農民更方便取得災害資訊以進行防災作為。此資訊不僅用於防災，也提供實際作物栽培管理過程所需之氣象資訊。

#### 伍、二十四節氣及氣象單位換算

二十四節氣是由中國長江流域長期發展出來之農民耕作栽培曆，雖然臺灣氣候型態與長江流域不同，但目前農民仍沿用此劃分法做為耕作時機的參考，此外，二十四節氣雖用於農耕，但相關諺語及口訣已深入民間，與農民曆結合而發展出一套深具文化意涵的栽培曆。本系統收集二十四節氣相關天文、農業及文化資料，並以電子書方式呈現，希望豐富網站內容的廣度，增加使用者的查詢意願。

氣象單位換算功能提供農民對於氣象觀測值的單位間轉換，包括溫度、風速及光度等三種，其中量測光度有三種常用單位，包括輻射量（Radiometric;  $\text{Wm}^{-2}$ ），照度（Photometric; lux）及光量子（Quantum;  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ）等三種，每一種量測方式有特定意義及適用範圍。1982 年美國農業工程學會將光量子通量密度（quantum flux density）定為農業量測光強度之基準，因此，過去常用單位（尤其是照度）需轉換為光量子單位，由於常有農民及研究人員詢問相關問題，本系統將單位換算程式化，在平臺或 APP 皆提供轉換服務。



圖 9 氣象 & 農業防災 APP

Fig. 9 Meteorology & Agricultural Disaster Prevention APP

資料來源：本研究整理。

Source: This study.

## 陸、結語

雖然災害對農作物生產影響甚鉅，但目前對於災害預測的能力仍非常薄弱，這是科學上的限制。在短期內災害預報能力提升仍無法期待下，宣導災害發生機率的觀念，建立相對應之防範措施才能避免損失，雖然有些災害確實難以預報及防範（如冰雹），但以颱風災害為例，由預報發布至颱風登陸有一段防範關鍵時間，建立防災標準作業程序，災前防範是效果最好及成本最低之災害調適策略，農業防災計畫所建置之氣象災害早期預警資訊及相對應防災配套機制，經由辦理農民教育訓練講習及說明會的推廣，可落實防災觀念及防範作為於農業生產者。

另外，臺灣農作物種類繁多，對於災害敏感度不同，建立各種重要經濟作物之防災栽培曆，包含作物致災臨界條件、災損樣態及相對之防災技術，可作為作物災害預警、災損評估及農業保險辦理之依據，同時也可作為氣候變遷衝擊評估之知識庫，未來可與作物、土壤、病蟲害及栽培耕作制度等結合，有效整合農業生產及氣象資源，精確掌握氣候在時間與空間中的變異，提高農業經營效率及降低風險，尤其是氣象災害對農作生產所造成的負面影響。

## 誌謝

農業防災計畫是跨領域及農委會各研究單位共同努力以建立系統性的農業防災體系，特別感謝中央氣象局及國家災害防救科技中心兩單位的鼎力協助，中興大學陳宗禮及林慧玲老師對於作物防災曆的費心校正及整體研發方向的指導，農委會各試驗改良場所的研發及推廣對整體防災的成效功不可沒，農委會科技處對於經費的支持也是計畫能夠有成果的關鍵，在此一併致謝。

## 參考文獻

- 石佩玉，2017，〈芒果穩定生產之低溫預警體系之研究〉。農委會臺南區農業改良場 106 年度科技計畫研究報告（106 農科 -17.1.3- 南 -N2）。臺南市：臺南區農業改良場。
- 柳再明、錢根樹、蔣順惠，2021，〈氣象資訊及精緻預報之服務〉，收錄於廖君達、田雲生、蕭政弘、李紅曦（主編），《作物生產與農業災害防範研討會論文集》，頁 27-35，臺中市，中華農業氣象學會。
- 徐永衡、蘇文瑞、李欣輯、黃亞雯、陳永明，2018，〈農業災害情資網介紹〉，《農業氣象災害技術專刊》，210 期：頁 12-17。
- 陳永明、李欣輯、蘇文瑞、徐永衡、黃亞雯、劉玫婷，2018，〈農業災害情資建置與應用〉，《臺灣災害管理研討會》，2018 期：頁 442-449。doi:10.6857/CDMT.201811.0034
- 陳智霖、楊素絲、姚銘輝，2017，〈CFD 模式應用於防風網特性分析〉，《作物、環境與生物資訊》，14 卷 1 期：頁 31-39。doi:10.30061/CEB.201703\_14(1).0004
- 陳盟松、吳庭嘉，2020，〈荔枝因應氣候變遷之栽培管理調適措施〉，《臺中區農業技術專刊》，202 期：頁 21-26。
- 張紬芳、梁仁有、楊慧玉，2009，〈臺灣農業氣象災害分析〉，《氣象學報季刊》，47 卷 4 期：頁 15-24。
- 農委會，2021，〈精進農業保險，建構經濟安全網〉，《農政與農情》，350 期：頁 222-223。
- 農糧署，2017，〈農業災害產物及民間設施估計損失〉，收錄於行政院農業委員會（主編），《105 年農業統計年報》，頁 222-223，臺北市：行政院農業委員會。

農糧署，2021，〈農產業保險〉，2023年1月9日，摘錄自 <https://www.afa.gov.tw/cht/index.php?code=list&ids=277>

鄧傳忠、陳怡臻、陳素櫻、黃桂卿、李欣輯、李香潔，2017，〈臺灣災害損失模型研發與系統建置〉。國家災害防救科技中心技術報告。新北市：國家災害防救科技中心。

Eckstein, D., Künzel, V., & Schäfer, L. 2021. *Global climate risk index 2021*. Bonn, Germany: Germanwatch.

USDA Foreign Agricultural Service. 2021. *Taiwan drought results in rice area reduction and crop loss*. Retrieved June 10, 2021, from [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Taiwan%20Drought%20Results%20in%20Rice%20Area%20Reduction%20and%20Crop%20Loss\\_Taipei\\_Taiwan\\_06-07-2021.pdf](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Taiwan%20Drought%20Results%20in%20Rice%20Area%20Reduction%20and%20Crop%20Loss_Taipei_Taiwan_06-07-2021.pdf)