

從農業氣象防災到智慧農業應用及導入

曾俊傑¹ 王文清² 姚銘輝³ 廖勁穎⁴ 謝旻浚¹ 雷雅如¹

國立臺東大學防災科技資訊中心¹ 國立臺東大學資訊管理學系²

行政院農業委員會農業試驗所³ 行政院農業委員會東區農業改良場⁴

摘要

伴隨全球暖化而來的氣候變遷，其中的天候異常或極端現象，著實增添氣象災害的風險，為全球各地帶來不易預期的災害衝擊。而供給糧食的農業勢必首當其衝，為因應此情勢，行政院農業委員會(以下簡稱農委會)藉由執行「農林氣象災害風險指標建置及災害調適策略之研究」計畫(以下簡稱農林防災計畫)及「智慧農業4.0」計畫以為因應。由於氣象預警係農業氣象防災的關鍵，在檢視當前操作模式後，近二年承續農林防災操作概念，嘗試在臺東地區透過示範區進行在地客製化農業氣象災害示警操作，目前已獲致些許成果，更發現，若能進一步導入前瞻技術，如資通訊技術(ICT)、物聯網(IoT)、大數據(Big Data)分析、人工智慧(AI)等，應可建構一能更為廣泛應用的智慧農業模式(Smart Agriculture)。因此，本文試著將相關的操作概念及應用過程進行說明，期待未來能進一步發展，為處於極端氣候衝擊下的農業，開展出合一合於各地應用的農業氣象防災及智慧農業操作模式，藉以強化我國農業韌性與增進農民收益。

關鍵字:氣候變遷調適、農業氣象災害、韌性農業、智慧農業

壹、前言

縱使農業生產產值佔國內生產毛額比率不到 2%，但從農村生態環境、糧食自給率與糧食安全角度觀之，農業的“價值”實不能僅以“價格”方式來衡量。是以，政府相關單位長年來即相當重視農村發展、糧食生產及穩定供應等問題。但從張等(2008)、楊(2010)及姚等(2016)的研究統計可發現，我國農業氣象災損幾乎有倍數成長的趨勢，尤其近十年來的年平均損失已達 40~50 億元之多，顯見氣象災害對我國農業發展的影響，而伴隨全球暖化而來的氣候變遷與極端天氣，勢必更對我國農業造成巨大衝擊，糧食生產將備受挑戰。面對此嚴峻情勢，農政單位相繼召開會議、論壇及研討會以尋求解決策略與方案，亦依決議和政策執行相關農業創新科技計畫，其中行政院農業委員會農業試驗所(以下簡稱農試所)所執行的「農林氣象災害風險指標建置及災害調適策略之研究」計畫(以下簡稱農林防災計畫)與「智慧農業 4.0」計畫與氣象災害因應最為相關。

「農林防災計畫」自 2016 年起執行，係透過創新科技研發以輔助相關災害救助及農業保險政策之推動，此計畫屬跨域整合，尤其是客製化氣象資訊，及如何將氣象資訊轉為農業防災的具體作為上，盼成果能用以穩定農業生產、提升救災效率及減少農民損失

(姚等, 2017)。最重要的是，希望透過研發成果提升農民對於防災的自主能力，強化災前防災資訊利用及推播，讓農民在面對災害時有充分的準備，以減少災害所帶來的損失，同時配合農委會推動之災害保險，建構完整的農業災害調適能力。「農林防災計畫」計完成:1.擴增並升級農業氣象站，提供農民更詳盡氣象或災防資訊。2.挑選重要農作物生產區提供農民精緻化氣象預報。3.建置農業災害情資網，提供農政單位應變及農民防災之用。4.針對重要及易受損作物建立防災栽培曆，提供農民耕作上防災參考。5.依中央氣象局氣象預報資訊進行農作物災害預警通報，並提供手機 APP 推播功能，方便農民接收災防訊息。6.選擇重要經濟作物作為技術研發目標，推廣至農民。7.研發並運用無人飛行載具災害勘查技術，協助災後勘災救助作業及森林生物量變化估算。8.森林承载力風險評估系統，利用長期氣象及土地利用變遷資料，評估山村聚落社經脆弱度及風險暴露程度，提出適宜土地利用策略與防(減)災調適措施(農試所, 2018)。

「智慧農業 4.0」計畫 2017 年開始執行，係在強化產業結構調整及應用科技研發創新，藉以提升農業生產力，以應對糧食需求壓力、農業人力短缺，及極端天候所導致農業生產風險增加等問題。計畫定位為「智慧生產」及「數位服務」，從人、資源及產業三方面進行優化，其中藉由感測、智能裝置(IR)、物聯網(IoT)

及巨量資料(Big Data)分析的導入，將知識數位化、生產自動化、產品優質化、操作便利化及溯源雲端化，建構智慧農產銷及數位服務體系。目前以生技農產業、精緻農產業、精準農產業等三大領域，分為築底與拔尖兩大類，選擇蝴蝶蘭產業、種苗產業、菇類產業、稻作產業、農業設施產業、養殖漁產業、家禽(水禽)產業、溯源農產品產業、生乳產業、海洋漁產業等共 10 項領航產業作為優先推動範疇(楊等，2016)。

在智慧農業的應用及導入上，國內研究者有將之區分為種植農業、養殖畜禽業、養殖漁業及食物履歷(裴有恆等，2017)，其中的種植農業依據有無架設溫網設施又可區分為設施型及露地型農業。檢視我國智慧農業 4.0 所支持的產業似較多著墨在設施型農業(農糧署東區分署，2017)，而農林防災計畫則依據災害管理歷程提供相關氣象資訊，甚至主動推播訊息，也有參與式防災的協助，顯示農林防災計畫較能顧及露地型農業的防災需求。然而，由於臺灣地形複雜，作物種類繁多，農林防災計畫在預報準確率上仍面臨諸多問題待克服。

基此，本文將就近年在臺東地區所嘗試的農業氣象防災進行說明，最終希望在風險預警的運用概念下，智慧農業 4.0 計畫能將農業氣象災害因應擴及露地型農業，而農林防災計畫能更在地化，甚至兩計畫能結合運用於露地型農業的防災上，期能協助我國建構更有效益的災害管理與完善的韌性農業，以面對極端天氣所帶來的衝擊。

貳、臺東農業氣象防災操作模式

一、緣起

2016 年尼伯特颱風重創臺東地區，同時也重創臺東的農業，這讓以往災害管理較多偏重在韌性城鄉建構的思維，從而轉向農業韌性的建構。

因此，曾等(2018)首先針對臺東地區歷年農損救助金資料進行分析，並透過文獻及相關單位訪視，以了解臺東地區的農業氣象災害特性及災害管理需求。經分析發現，較高受損農地主要位於東河、池上、關山、鹿野，及卑南和臺東市等鄉鎮市。東河易受損作物是番荔枝、柑橘類水果、水稻及梅；池上及關山則以水稻為多；鹿野除水稻外，尚有番荔枝、香蕉及鳳梨；卑南以番荔枝為多；臺東市除番荔枝外，還有水稻、香蕉及荖花和荖葉。農損主要來自低溫、焚風、乾旱、豪雨及熱帶氣旋(包括颱風、熱帶低壓、颱風外圍環流)的危害，其中以 7、8、9 月份颱風的災損最大。

由於農業氣象災害伴隨季節變換而來，因此可針對季節可能氣象災害特性，以短中長期預報的區分進行防減災及復原因應。如以冬季與春季的天氣變化特徵與周期較穩定，對低溫災害可掌握短中期預報以為因應；而乾旱則須長期監視才行；至於為害最大的颱風，由於路徑預測確有其不確定性，因此需以風險概念進行必要的防災整備，特別要留意短中期預報。而農業保險方面，縱谷地區的水稻、卑南及東河鄉番荔枝可考慮投保，以多層保障。

對應「農林防災計畫」，臺東地區於 1.農業氣象站的增設，可於東河鄉(番荔枝、柑橘類水果)、太麻里(咖啡、番荔枝)、鹿野(番荔枝、鳳梨、香蕉)增設農業氣象站；2.重要農作物生產專區可增加臺東的咖啡、水稻、柑橘；3.農業災害情資網及早期預警系統應增加長期監測及預報資訊。而由農損空間及時間的特徵可採行的策略有：1.易受災農地可進行長短期作物調整；2.進行作物生產季節調整，如二期稻作易受颱風及低溫影響，可改種其他作物或休耕；3.易受風災或降雨影響的地方，進行空間調整；4.當作物、季節或空間調整都無法避免災損時，則投保作物保險進行風險轉移。

二、客製化氣象災害示警模式

透過「農林防災計畫」的執行，近年來在提升農民「自主性」防災能力，與作物災害預警通報，已有長足進展，但臺灣地形複雜，易有局部環流發展，致使相鄰的平原及坡地，同時間的天候情況也有些許不同，而這些許差異對農業可有相當程度的影響。因此，曾等(2019)進一步就現今相關單位的農業氣象災害預警作業進行了解，並參照農林防災計畫災害預警的模式，以臺東縣太麻里溪出口地區番荔枝園為示範區，架設微氣象站，並針對作物逆境、田間管理及農民降低農損需求，試行客製化氣象災害示警作業模式。為提高準確率，操作上除客觀預報，也加入主觀預報以產製在地即時或短中長期氣象預報資訊，供農友做為在地農業氣象災害及田間管理參考。此模式的建置與操作，初步以兩年為期。第一年(2019 年)藉由氣象站的架設監測及現有數值預報模式的彙整運用，一方面了解局部環流特徵，也測試及揀選適宜數值預報模式。另與農民的溝通掌握作物逆境及農民農事管理需求，進行預警通報建置與測試；第二年(2020 年)則將第一年所獲知的局部環流特性及所供應的預報資料編制教案，透過教育訓練提升農民運用氣象資訊的能力，以便於未來農業氣象災害管理應用與推廣(圖一)。

客製化氣象災害示警模式在嘗試一段時間後發現，透過對在地局部環流掌握及對客觀預報修正的主觀預報，確實可達相當的精準度，因此再運用社群軟體建立群組作為氣象資訊傳遞的媒介，試著將協助對象擴大至全縣境的農民及不同作物。至此，客製化氣象災害示警作業模式轉換成為氣象資訊服務平台。

三、氣象資訊服務平台

從架設微氣象站、氣象預報供應、社群平台運用、農業自主防災資訊推播及推廣，氣象資訊服務平台運作時間雖不長，期間從與農民的互動及問卷中可知，服務平台的運作對農民有實質幫助，其中特色為：

1. 實用為主，落實以農民需求為導向。
2. 以在地、精準、客製化協助防災及田間管理，具有可行性。
3. 目前是公益服務，農友對於預報失誤或誤差有較高容忍度。
4. 群組內使用者，多數係由農民介紹自願加入，資訊不合需求時，會自行離開群組，較無負擔。
5. 除非有特別需求詢問，無須特別針對單一作物及農民提供資訊，這可降低服務負擔。
6. 隨著產官學界連結的面向拓展，應用的效益有越來越大的趨勢。

服務平台的效益顯示在：

1. 節省人力及時間：藉精準天氣預報資訊，調整田間作業，節省人力及時間消耗。
2. 穩定及增加收入：
 - (1) 減少無效支出：降低病蟲害防治及肥培的無效施作。
 - (2) 早期防範作業：氣象災害前，即可進行自主防災及搶收，以降低農損。
 - (3) 農業保險方面：對於無法避免的氣象災害，農民可投保農業保險，多一層保障。
3. 維護農地資源及農民健康：避免無效或過度施肥及用藥，農地資源及農民健康能相當程度受到保護。
4. 設施或露地型農業，皆可藉智慧農業推展，增進自主防災能力，以因應氣候變遷的極端氣候衝擊。
5. 支持返鄉青農：藉農業及氣象大數據，協助積累防災、田間作業管理等相關知能，增加青農返鄉及永續經營意願。
6. 韌性農業的推展：經由氣象資訊服務平台串聯產官學各界，共同推廣自主防災、宣導農業政策，讓韌性農業的推展得以落實(圖二)。

目前氣象資訊服務平台仍能運作的關鍵在於：

1. 便利性：國內外氣象資訊相當開放，資料內容多樣，取得也容易。
2. 移動性：結合現代科技應用，一支手機搞定。
3. 即時性：即時守視能快速提供訊息，並對農有需要即時回應。
4. 互動性：運用社群軟體建立群組能互通訊息。
5. 保持彈性：無須針對特定對象或作物，可專注於即時或未來天氣預報。
6. 相信專業：在互信專業的情形下，僅須提供專業氣象服務。
7. 適時管理：限農業防災相關訊息上傳群組，維護群組運作。
8. 共同目標：在一起面對災害的情形下，形成一即時天氣觀測網。
9. 在地關懷：走在第一線及走上現場，建立互信和和情感，能適時掌握農業氣象的影響狀況及農民需求。

檢視氣象資訊服務平台已具備有效早期預警系統所須的 4 項要素：(一)持續監測與即時更新信息，預測者必須相當了解災害導致的威脅與受災者受到的災害風險；(二)預報資料具高度準確性；(三)通過適合的發佈途徑，確保所有的利害關係人皆能即時獲得資訊；(四)資訊接收者具有實質且高配合度的回饋行動(Tembo et al.,2014)，是以這樣的操作模式實值得推廣。另外，曾等(2020)發現，若進一步導入資通訊技術(ICT)、物聯網(IoT)、大數據(Big Data)分析、人工智慧(AI)等前瞻技術，則可建構一更為廣泛應用的智慧農業(防災)模式(Smart Agriculture)(圖三)，尤其是應用在露地型農業上。如此，可為我國農業提供更為全面的防災需求。

叁、未來智慧農業發展

依循農林防災計畫的運作模式，經近年在地化嘗試，已可導入智慧農業的操作模式，其中各主要組成功能說明如下：

1. 微氣象站建置：提供即時氣象資訊，是預報校驗與主觀預報基礎，可做為田間管理參考和氣象逆境參數設定依據，並可用以回溯作物生長狀況與氣象因素間關聯。但一般農民和產銷班較無意願架設，此時則採鄰近農地氣象局測站來提供氣象資訊。
2. 預報供應與守視：天氣預報除針對重大氣象災害外，一般田間管理也有氣象預報的需求，為了因應不同作物或環境情境差異，主客觀預報的結合與天氣守視是提升在地準確率及有效防災的重要關鍵，而這也相當需要有預報經驗的人員參與。
3. 資料庫建構：為了符合農業不同時間空間尺度的需

求(圖四),需建置資料庫以儲存即時和長期氣象與農業資料,方能監測氣象(候)變化,再搭配未來預報趨勢,便能運用風險管理概念(圖五),提示(示警)相關的農業氣象防減災作為,以確保農民收益。由此可知,資料庫建置與運用是智慧農業的樞紐,舉凡大數據、物聯網、人工智慧都依此運作。

4. 社群資訊平台:是訊息傳遞的管道,交流溝通的途徑,也是防災教育的交流平台。而透過成員協助確認天氣狀況,共同形成在地觀測網,也有助精進預報、解決和回應農民氣象需求,進而協助田間作業調整。

目前雖已能完整呈現智慧農業(防災)的操作模式,但因牽涉相當多前瞻技術,仍亟需進行智慧農業生態系整合,而這也是未來的發展重點。

肆、結語與建議

面對作物多樣且地形環境複雜,加上伴隨氣候變遷而來的極端天氣,又農業氣象預報跨越即時到年際尺度,使得氣象預報要應用於農業防災確實備受挑戰。雖是如此,農政單位近年仍整合相關單位,投入資源執行農林防災計畫及智慧農業 4.0 等相關計畫,逐步建構我國農業氣候調適機制與健全韌性農業。而承續農林防災計畫於臺東地區的農業氣象防災操作,實務已具備有效早期預警能力,能滿足在地農民一般田間管理及重大氣象災害防災需求,未來更可進一步透過前瞻技術發展智慧農業操作模式,因此值得推展與落實。不過,未來仍有一些事項亟待各方共同努力。

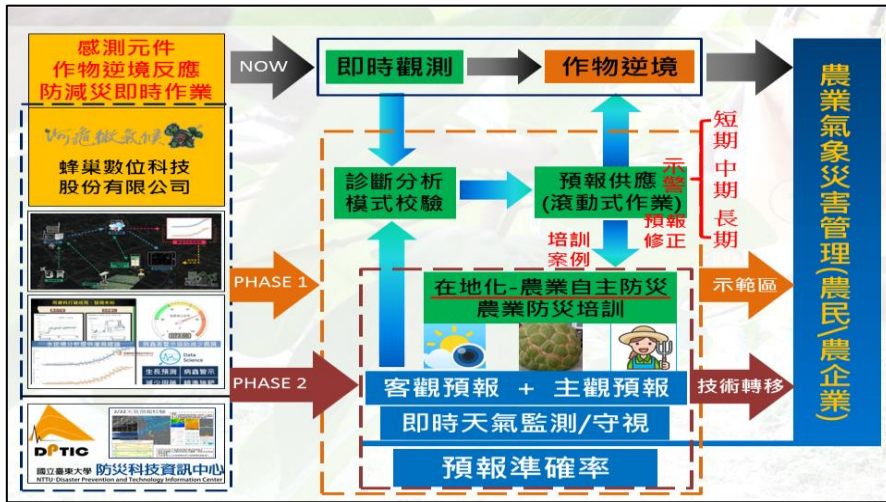
1. 智慧農業生態系整合:農業氣象防災事涉多方,尚待資訊、農業、氣象等專業知識的整合。
2. 自主性防災教育推廣:韌性農業的推展,不單只是政府部門的事,需農民共同配合,在面對極端天候威脅下,農民有必要讓自己成為科技農民、智慧農民。
3. 農業氣象人員培訓:用以陪伴農民建立自主性防災,讓防災意識扎根,協助強化韌性農業。
4. 農業保險推廣:縱使有精準預報,但重大氣象災害仍能造成巨大農損,因此有必要推廣農業保險。
5. 農業戰情室建置:從產地、生產到產量,應有統合分析的專責機構,時時評估及監測氣候與氣象災害變化趨勢與風險。

陸、參考文獻

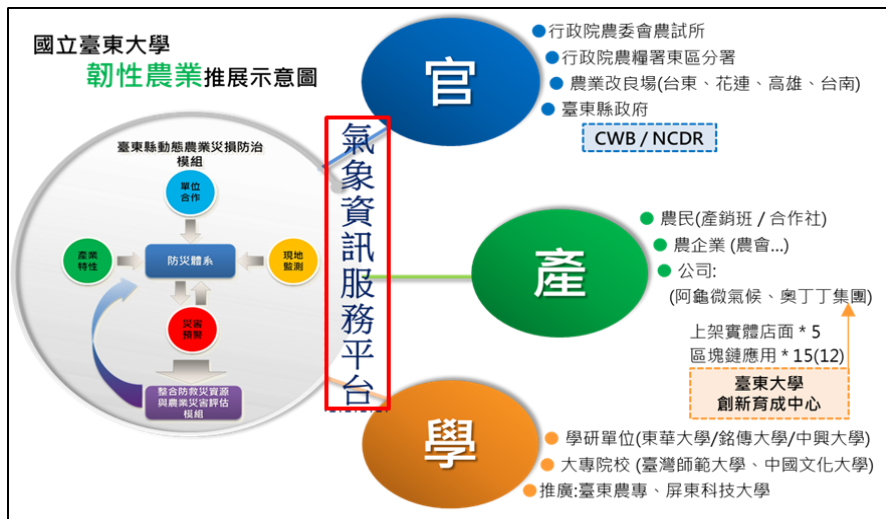
- 姚銘輝、游舒婷、呂椿棠、陳琦玲、郭坤峯,2016:“農業防災資訊推廣及技術研發”,臺北:農政與農情,第 292 期,85-89。
- 姚銘輝、柳再明、蔣順惠、錢根樹,2017:“氣象資訊運用於農業防災之研究”,臺北:106 年天氣分析與預報研討會論文集, A7-3。
- 張紉芳、梁仁有、楊慧玉,2008:“臺灣農業氣象災害分析”,臺北:氣象學報,第 47 卷第 4 期,15-24。
- 曾俊傑、王文清、劉清煌、吳蕙昕,2018:“臺東農業災損分析及其防災需求探討”,臺北,2018 年天氣分析與預報研討會, A5-20。
- 曾俊傑、王文清、林延諭、林佑泰、盧安邦、江采蔚、雷雅如,2019:“客製化農業氣象災害預警探討以臺東地區番荔枝為例”,臺北:108 年天氣分析與預報研討會論文集, A6-11。
- 曾俊傑、王文清、姚銘輝、林俊男、謝旻浚、雷雅如,2020:“氣象資訊服務在臺東地區農業防災的操作及推廣應用”,臺中:農業世界,第 442 期,78-84
- 農試所,2018:“提升農民自主性防災能力”,臺中:農業試驗所特刊第 210 號,2-4。
- 楊純明,2010:“農業氣象災害之因應策略”,臺北:作物、環境與生物資訊,第 7 卷第 1 期,63-71。
- 楊智凱、施瑩艷、楊舒涵,2016:“以智慧科技邁向臺灣農業 4.0 時代”,臺北:農政與農情,第 289 期,6-11。
- 裴有恆、林佑祺,2017:IoT 物聯網無限商機—產業概論 X 實務應用,出版,11 章 2 節,基峰資訊,臺北市,11-2。
- 盧孟明,2010:“極端氣候—臺灣面臨的新挑戰”,臺北:臺大校友雙月刊,第 69 期。
- Tembo, G., Chimai, B., Tembo, N., Ndiyoi, M., 2014:“Observations on Zambia’s Crop Monitoring and Early Warning Systems.” J. Agr. Sci. 6,99-107
- 氣象局新一代劇烈天氣監測系統,
<https://qpeplus.cwb.gov.tw/pub/>
農試所農作物災害預警平台,
<https://disaster.tari.gov.tw/ARI/public/portal?a=0&at=VmlCTTIDc05vUE9YQ2JQYTVRODNmZz09>
農糧署東區分署,
https://www.afa.gov.tw/cht/index.php?code=list&flag=detail&ids=453&article_id=41055

致謝

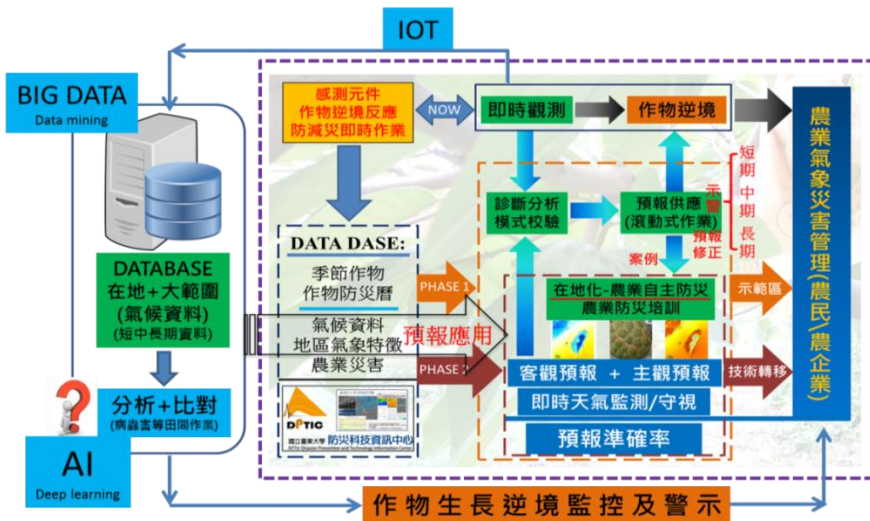
本文承蒙科技部計畫編號 MOST-109-2119-M-143-001 補助研究經費,深表感謝!



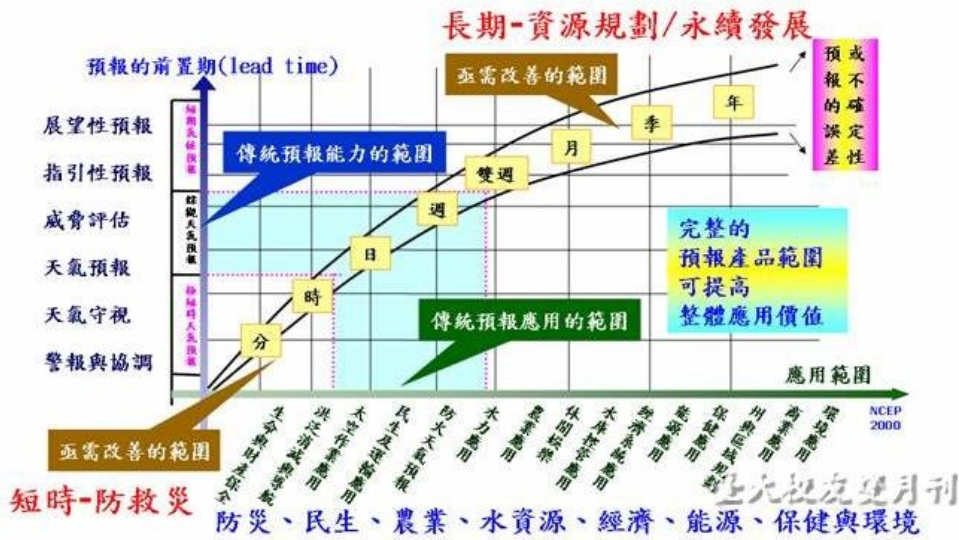
圖一 示範區客製化氣象災害示警作業模式示意圖，引自曾等(2019)



圖二 韌性農業推展及氣象資訊服務平台連結示意圖



圖三 客製化氣象災害示警作業擴展為智慧農業防災模式示意圖，引自曾等(2020)



圖四 無縫隙氣象預報與應用範圍示意圖，引自盧(2010)



圖五 氣象(候)資訊運用於農業氣象災害風險管理示意圖，部分資料引自：氣象局 Qplus、農試所農作物災害預警平台

From Agricultural Meteorological Disaster Prevention to the Application and Introduction of Smart Agriculture

Chun-Chieh Tseng¹, Wen-Ching Wang², Ming-Hwi Yao³, Ching-Ying Liao⁴, Min-Jun Hsieh¹, Ya-Ru Lei¹

¹Disaster Prevention and Technology Information Center, National Taitung University

²Department of Information Sciences and Management Systems, National Taitung University

³Taiwan Agriculture Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan

⁴Taitung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan

Abstract

With the abnormal or extreme weather conditions, the climate change that get along with global warming has actually increased the risk of meteorological disasters and raised unpredictable disaster impacts to the world. Undoubtedly, agricultural food-supply will be first suffered. For this reason, the Council of Agriculture of the Executive Yuan has implemented the “Meteorological Disaster Risk Index Establishment and Disaster Adjustment Strategy Research” and “Project of Smart Agriculture 4.0” in the past few years. Because accurate weather forecasting and early warning are the keys to agricultural meteorological disaster prevention, in addition to examining the current operating mode, this article also seeks feasible methods and applies them to agriculture in Taitung. After nearly two years of testing, some results have been obtained, and it is even found that if forward-looking technologies such as ICT, Internet of Things(IoT), Big Data analysis, and Artificial Intelligence(AI) can be further introduced, it should be able to build a more widely used Smart Agriculture model. So, this article tries to explain the related operating concepts and application process, and hopes that those concepts can be further developed in the future and deploying a combination of meteorological disaster prevention and smart agricultural operation modes to the various regions, so as to improve farmers’ benefits and strengthening agricultural resilience.

Key words: Climate change adaptation ; Agricultural meteorological disasters ; Resilient agriculture ; Smart agriculture