

氣象資訊於稻作栽培的災害管理運用探討-以臺東縱谷地區為例

廖勁穎¹、王文清²、林俊男³、丁文彥¹、曾俊傑⁴

¹行政院農業委員會臺東區農業改良場 ²國立臺東大學資訊管理學系

³國立屏東科技大學農企業管理系 ⁴國立臺東大學防災科技資訊中心

摘要

長期以來稻米一直是國人的主食，栽培於臺灣地區也有相當的歷史，從人工進展到機械化栽培，可說已擁有相當成熟的技術。雖是如此，面對伴隨氣候變遷而來的極端天氣及異於往常的天氣狀態，往往讓稻農蒙受不少損失。面對氣候變遷的影響，國內相關單位已著手推動農業氣候調適及進行智慧農業，以因應可能的衝擊。聯合國糧食暨農業組織更提出氣候智慧型農業概念，希望經由農業系統的調整及改造，確保糧食安全及支持永續發展。近三年來，從實務面切入，建構一個配合稻農於稻米栽培期間對於氣象因子及預報的需求的氣象資訊供應模式，如此的氣象資訊運用模式確實有利農民的稻作栽培及收益，實不失為開展氣候智慧型農業的第一步。因此，本文將就其中的操作運用提出探討，期望未來能導入更為制式化作業，以因應氣候變遷所帶來的衝擊，維護農民生產獲益及農村發展。

關鍵字: 氣候變遷、氣候變遷調適、智慧農業、災害管理

壹、前言

稻米是臺灣地區重要也是主要的糧食作物，依據學者的研究，臺灣地區的稻米栽種歷史可以推溯到距今 3500 年以前。經近百年來的品種篩選與培育，及栽培技術從 100%人工栽培到現今的全面機械化栽培，生產技術相當成熟(鄧，2003)。臺灣地區的稻米栽種大抵為兩期作，一期作面積較多，有 16 萬公頃，二期作則僅 11 萬公頃，年種植面積合計 27 萬餘公頃，年產量在 140 至 150 萬噸間，年平均產值約 370 億元。主要產地位在中南部的臺中、彰化、雲林、嘉義、臺南，及東部的花蓮等地區。近年來隨著國人生活習慣改變、飲食選擇多樣及健康訴求下，食米量相較過去雖已大幅減少，但由於耕地面積、產值及從事人口與相關產業，甚至考量生態環境與糧食安全等因素，稻米的種植仍有其不可忽視的地位及價值。

在臺東地區，稻米年種植面積僅 1.3 萬公頃，約為全國的 5%，但由於環境無工業污染，所生產的稻米品質優良，其中縱谷地區的池上米、關山米更是遠近馳名，在國內外擁有相當的知名度，農糧署統計，臺東地區所生產的稻米市售價格為全國最高，也使得臺東地區的稻米耕種及販售方式有異於臺灣其他地區的代耕與繳交公糧，在此的大多數稻農傾向為專業農，自產自銷情形也較多，影響所及，稻農往往試圖耕種更大面積及投注更多的資源用於生產，以便獲致更高的收益。相對地，在現今極端天氣的衝擊影響下，稻農及相關產業往往同時也承擔更大的農業氣象災損風險。去年(2020)寒害農損即是一例，春季四月份罕見的連續數日低溫(圖一)，臺東地區稻米受災種植面積超過 700 公頃(表一)，約為全縣一成左右的一期作面積，損失達三千萬元之多(農業統計，2020)。其中單關山地區就有 600 公頃稻田受影響，達全鎮種植面積的 30%。而此寒害農損事件也開啟臺東地區以氣候預

報為參考應用的農業氣象防災嘗試。顯然地，這將較以往著重在天氣尺度預報的嘗試更具挑戰性。

貳、當前農業氣象防災操作模式

一、農政單位農業氣候調適

在氣候變遷的衝擊下，如何增進農業韌性，降低農損，穩定糧食供應是各國急需因應的課題。行政院農業委員會(以下簡稱農委會)在因應氣候變遷衝擊的農業氣候調適上，自 2016 年起推動智慧農業 4.0 計畫及「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)(楊等，2016、姚等，2016、2017)，一方面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；一方面也希望透過創新科技研發與農業保險政策的推動，提升救災效率及減少農民損失，穩定農業生產，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。但智慧農業 4.0 計畫著重於設施型農業，臺灣地區目前以小農老農為多，要另行投資設施設備及增加管理能力實有其難度；而臺灣複雜地形，局部環流盛行，以致地方微氣象特徵明顯，加上作物種類多樣，因此農林防災計畫仍有待突破局部地區預報準確率的瓶頸及氣象資訊是否具有實用性等問題。

二、臺東地區農業氣象資訊服務平台

針對上述問題，曾等(2018、2019)藉由分析農業災損資料，掌握臺東地區農損致災原因及時空特徵後，繼而從災害管理的災害預警切入，與太麻里釋迦果農合作，同時架設微氣象站及進行在地客製化氣象資訊服務，提供一週內的短中長期天氣預報的氣象資訊，嘗試就釋迦栽培生產的田間管理與重大氣象災害防災上的氣象資訊需求，進行氣象資訊服務作業模式建構。在初步獲得可行性的激勵下，進而運用社群軟體建置

一氣象資訊服務社群平台，擴大為臺東地區的農民服務，此階段已不限作物別，並採主動供應及被動回應農民需求的方式，協助農民進行作物栽培所需的氣象資訊服務，此社群平台目前稱之為「農業氣象資訊服務平台」(圖二)。後續經由此平台的運用及農民的回饋，發展一可廣泛應用於露地型農業的在地化精準預報模式(曾等, 2020)。

「農業氣象資訊服務平台」的氣象資訊來源有三:一是來自中央氣象局及微氣象站的即時觀測資料，微氣象站能提供農地所在精確氣象資料，若農民未架設微氣象站，則參考農地鄰近的中央氣象局測站資料；其二來自預報資料，主要是數值預報資料，此為客觀預報資料，目前氣象預報資訊在網路上已相當容易取得，平台參考的資訊有來自中央氣象局(CWB)、國家災害防救科技中心(NCDR)、EC、JMA 等等…。由於測站分布、參數設定及空間解析等問題，加上臺灣地形複雜，局部環流盛行往往影響數值預報的準確率，因此還需有主觀預報的涉入。平台的主觀預報有觀測及預報資料的診斷分析與校驗，並有即時天氣守視及動態修正，以提升預報準確率。其三是源於作物災害回溯或長期預報需求的資料庫，作物遭遇延遲性災害時，可透過可能受災因素的回溯，找到致災原因；而較長期的作物種植規劃，或考量產期調節，或為避開盛產價跌風險，往往需運用長期氣象(氣候)資料的分析與風險評估。此平台已有農試所、農改場、縣府、公所、林務局等公部門單位、農企業、產銷班、農民等，另外也有運輸、資材、種苗等業者在其中，目前已有近 480 人使用此服務平台。而透過此平台也逐步推動臺東地區的韌性農業。

叁、稻米農損分析與氣象資訊需求

一、臺東地區稻米農損分析

由於稻米在臺灣地區居於重要的糧食地位，因此在農政及相關單位的長期以來努力下，時至今日，稻米的栽培技術已相當成熟，農民從插秧伊始，即知後續何時須進行澆水灌溉、肥培、病蟲害防治，甚至面對農業氣象災害風險時也有因應之道(圖三)。然而，依據農試所(2018)的研究統計，在面對多變的天候情況，縱使如此完善的栽培作業標準程序，稻作仍是農損比例最高的作物。

臺東地區的歷年稻米農損統計顯示，較大受災地區主要分布在種植面積較大的池上、關山、鹿野及臺東市等地，其中以關山地區最容易受影響(圖略)，這應與其種植面積最廣有關。所遭遇的農業氣象災害主要來自低溫、豪雨、颱風及焚風等，颱風所造成的農損以 9、10 月份最大(表二)，9 至 10 月份的受災在於二期稻正值抽穗及開花期，此期間若有持續性降雨，或者風雨過大，甚至出現焚風，都容易造成倒伏及授粉不佳，而影響收成；6 月份的颱風也會對正值收穫期的一期稻造成倒伏及發芽現象。6 月份除颱風農損外，梅雨季節的鋒面降雨也會帶來災害，而二期稻 11 月份的收穫期也會因鋒面降雨而有較大災損。一期稻及二期稻雖然都會遭遇低溫的情形，但災害皆發生在一期稻，主要是一期稻的秧苗期容易有寒流低溫的寒害，及 3 月與 4 月份抽穗與開花期的低溫造成不

稔實。綜上分析可知，氣象因素的致災，往往與稻作的成長階段有關，其中以生殖生長期及成熟期最容易受災，少部分是在秧苗期。

二、臺東縱谷地區稻米栽培之氣象資訊需求

由於農業氣象災害伴隨季節變換而來，「農業氣象資訊服務平台」即就上述可能的氣象災害特性，提供 10 天內的短中長期天氣預報資訊，協助農民進行田間作業與風險管理。然而去年(2020)的低溫及早象，在遭逢稻穀稔實率低，及缺水時的休耕、轉作、及品質不佳等問題時，稻農提出”是否提供可具參考性的月及季預報”需求。會有如此的需求在於，水稻是需水相當高的作物，再者是一旦確定插秧日期，往後農民即可依此推算後續栽培稻米的相關作業。過往在風調雨順的天候下，確實可如此進行水稻栽培。而今在氣候變遷及伴隨而來的極端天氣影響下，稻農著實面臨重大考驗。如自 2019 年起，接連的颱風季未有颱風帶來豐沛的雨量，春秋兩季的梅雨鋒面亦未有明顯降雨，這在水資源甚少不足的臺東地區，不得不進行輪灌作業，但乾涸的土地，輪灌仍無法滿足水稻栽培的需求，迫使農民鑿井抽水，甚至雇水車載水灌溉，休耕者大有人在。旱象引發缺水，造成插秧日期難定，水稻栽培過程難度增高，直接影響品質、成本及收益，連轉作也出現困難。旱象雖未直接造成農損，卻在在地衝擊農民的收入及生活，更顯露不單是月及季節預報，年際氣候預報也為農業經營所需(圖四)。

由農損分析可知，農民於月及季節預報的需求，反映在一期與二期稻的受低溫或颱風影響。因此，農民於 1~2 月份及 7~8 月份決定要何時插秧，便是在考量如何躲避及降低遭逢低溫及颱風的機率。一期稻 1 月份太早插秧則有 1 月份及 3~4 月份低溫的威脅，遲至 2 月份的插秧則面臨成熟期颱風及豪雨的農損威脅；二期稻則擔憂 9~10 月份的颱風，及東北季風所帶來的風雨影響結穗與授粉。因此農民希望能盡早掌握未來一個月或季的溫度及降雨狀況，以決定何時插秧來規避氣象災害風險。但如此的氣象資訊實超出一般天氣預報範疇，已達到短期氣候預報，甚至需要年際氣候監測及預報資訊。就現行的氣象預報技術而言，2 週以上的展期預報已超過目前天氣預報極限，2 週至 1 年間的預報，屬短期氣候預報範圍，預報僅能「機率預報」。因此要達到可供農民決策的預報資訊實需參照更大空間及時間尺度的天氣現象及年際氣候訊息。

三、短期氣候預報資訊應用

面到稻農需求，目前嘗試應用於水稻栽培的國內外氣象(候)資訊及應用概念如圖五所示，其中主要參考資訊是中央氣象局的月/季長期天氣展望及聖嬰展望。月/季長期天氣展望分別提供臺灣北(臺北)、中(臺中)、南(高雄)、東(花蓮)四分區未來 4 週及未來 3 個月溫度與雨量的機率預報，聖嬰展望探討熱帶海溫現況、模式預報及其未來對東亞氣候的影響。聖嬰展望因有提供涉及年際變化的聖嬰/反聖嬰現象監測、溫度與降雨空間分布特徵及縣市地區的預報，因此較常用來作為推測未來月/季天氣變化的基本資料。但由於聖嬰展望於每月 15 日發布，因此仍須參考其他國外資訊，並進行長期追蹤以掌握未來天氣變化趨勢及可能造成作物逆境的風險。

近兩年隨著反聖嬰現象的發展，於參考學者研究成果(盧，2000、陳等，2002、紀等，2017、楊等，2019，Wang，2002)，綜整相關監測及預報資訊後，2020年7月向稻農提出採矮生種、減少氮肥、留意病蟲害防治、及留意初期用水是否充足等建議。之後，由於2020年颱風未帶來充足雨量，且預估2021年春雨偏少，2021年1月提醒一期稻注意用水問題及必要時進行轉作，也要留意4月份仍有偏低溫度，對結穗授粉的影響。2021年二期稻仍受降雨偏低影響，提醒初期用水及秧苗培育供應可能不足問題。二期稻所遭遇問題，源於2019年至2021年持續降雨不足，在供水採輪灌的情形下，影響秧苗培育、整地及成活期用水，以致影響整個縱谷地區的插秧作業，原先7月中至8月初即完成的插秧作業，因用水及機具問題而拖延至8月中。慶幸的是，由於氣象資訊的掌握及農田水利處早期的溝通，而有即時因應措施。農民及農企業在缺水的情況下，仍保有一定的收成與獲益。

肆、結語與建議

國內水稻栽培技術相當成熟，但其田間管理所需的氣象資訊，從一般天氣預報跨越到年際尺度的氣候監測與預報，在臺灣地理位置及複雜地形及伴隨氣候變遷而來的極端天氣影響下，要完全滿足稻農的需求著實頗具挑戰。

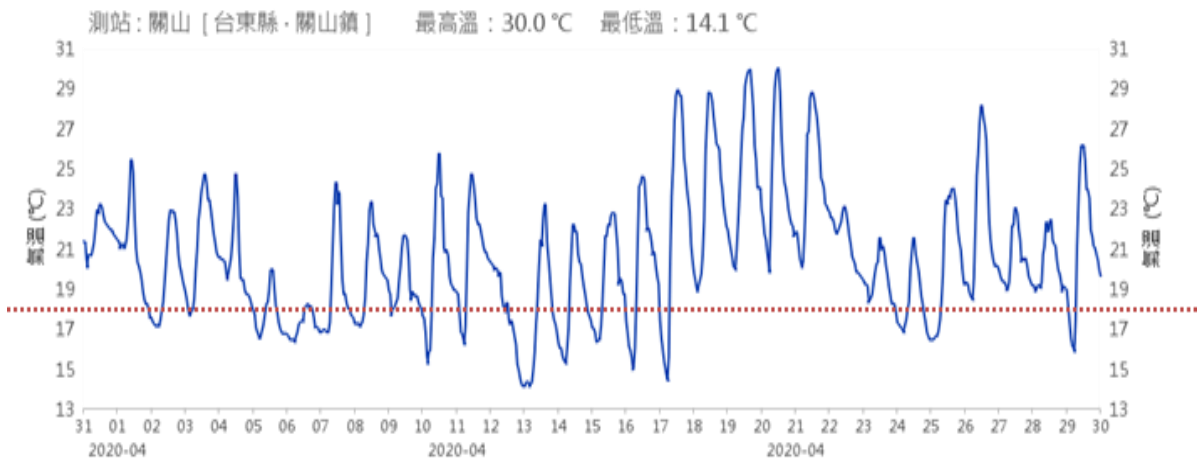
近年在臺東地區從實務面著手的農業氣象防災操作，已具備對一般天氣預報的有效早期預警能力(Tembo et al.,2014)，符合在地農民田間管理及重大氣象災害防災需求。在面對稻農所需的氣象資訊需求上，2020~2021年反聖嬰及早災期間，以現有氣象資訊及運用學者的研究成果，嘗試提供更長期的氣象預報資訊，在歷經2020年二期稻及2021年一期及二期稻栽培，就稻農的回饋可知，似乎獲得不錯成效。藉此檢視聯合國糧食暨農業組織「氣候智慧型農業」的目標及挑戰：“持續提高農業生產力以滿足全球需求、適應氣候變化的影響、並有助於減少大氣中人為溫室氣體的累積”(賈，2021)，顯見目前的農業氣象防災平台值得推展與落實。未來應可進一步透過前瞻技術發展真正的智慧農業操作模式。因此，期盼未來：

1. 建置智慧農業生態系:進行資訊、農業、氣象等專業知識的整合，畢竟智慧農業涉及多方學科。
2. 韌性農業落實:在面對極端天候威脅下，不只是公部門，農民必須成為科技農民、智慧農民，如此韌性農業才能落實。
3. 風險意識及管理:農民要有農業保險的概念，終究氣象預報有時空的誤差，且面對重大氣象災害來襲，縱使有精準預報，巨大農損仍無可避免。
4. 建置農業戰情室:採納氣候監測與預報資訊，讓作物從產地、生產到產量，透過氣象變化趨勢與災害風險掌握，落實氣候智慧型農業，保障農民收益，穩定農村發展。

伍、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。
- 紀佳臻、涂建翊，2017:“臺灣夏季大雨發生頻率變化與颱風關係研究”，臺北:地理學報，第85期，27-46。
- 陳昭銘、汪鳳如、呂芳川、郭漱冷，2002，“聖嬰現象與1998年臺灣異常氣候：全年偏暖與春雨偏多現象”，臺北:大氣科學，第30期，第4號，331-349。
- 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。
- 楊道昌、陳昭銘、游保杉、郭振民、蔡玫紘、陳弘，2019:“臺灣春雨遙相關機制與可預報性探討”，臺北:農業工程學報，第65卷，第4期，1-11。
- 賈新興，2021:“氣候智慧型農業_因應氣候變遷對農業的衝擊”，臺中:農業世界，第454期，53-55。
- 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。
- 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。
- 鄧耀宗，2003:“臺灣稻作之回顧與展望”，高雄:高雄區農業改良場研究彙報，第14卷第3期，1-23。
- 盧孟明，2000:“聖嬰現象與臺灣異常氣候關係之探討”，臺北:大氣科學，第28期，第2號，91-114。
- 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
- Wang, B., & Chan, J. C. L. 2002. How Strong ENSO Events Affect Tropical Storm Activity over the Western North Pacific? Journal of Climate, 15, 1643-1658.
- 行政院農業委員會，農業統計，2020。
<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/official/OfficialInformation.aspx>
- 農試所農作物災害預警平台。
<https://disaster.tari.gov.tw/ARI/public/portal?a=0&at=VmlCTTIDc05vUE9YQ2JQYTVRODNmZz09>。

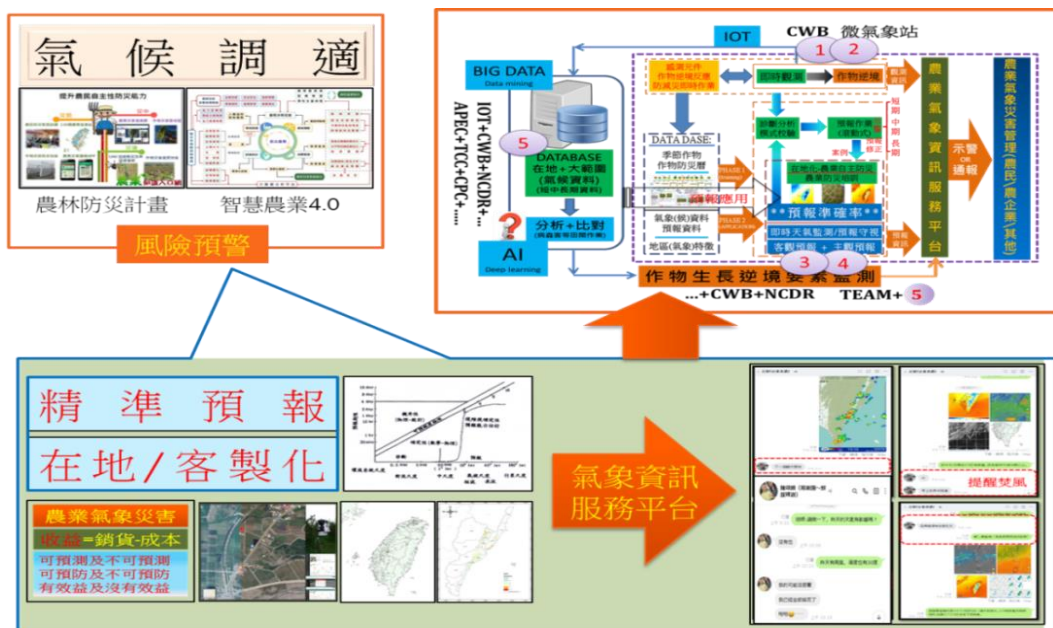


圖一 中央氣象局關山自動氣象站四月份溫度時序圖；紅色虛線表水稻逆境溫度。引自農作物預警平台

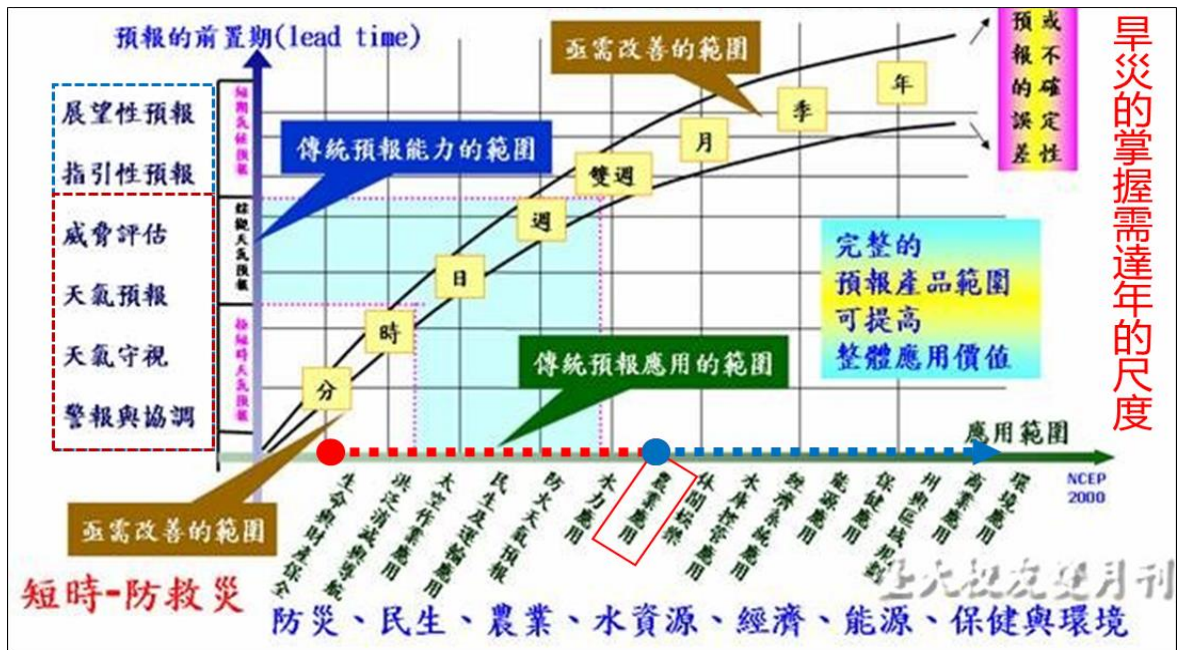
表一 民國 109 年臺閩地區水稻 0413 低溫災害損失表

地區別	被害作物 (公頃)	被害程度減收 (%)	換算被害面積 (公頃)	估計量值	
				數量(公噸)	價值(新臺幣千元)
臺中市	483.80	48	231	1,494	37,700
彰化縣	223.64	20	45	379	5,612
雲林縣	431.60	16	68	522	10,729
嘉義縣	40.00	10	4	38	608
臺南市	2.00	5	0	1	15
臺東縣	708.60	28	195	1,164	28,568
花蓮縣	450.00	22	100	545	12,408

註:本表整理自民國 109 年臺閩地區農作物災害損失表；損失估算係以公糧收購價每公斤 24.5 元計，若以自產自銷價格、品質影響及加計相關產業的收益估算，則損失金額應可達上億元。



圖二 建置在地化農業氣象資訊預警擴展為智慧農業模式示意圖，改繪自曾等(2020)



圖四 無縫隙氣象預報與應用範圍示意圖，改繪自盧(2010)。

全球 ↓ 亞洲 ↓ 台灣 ↓ 台東	氣候尺度	CWB(氣候統計、農業氣象旬報) NCDR(WATCH) 農試所(Tari) CPC(El Niño)(climatology、moonsons) APCC(climate information service)	CWB(季展望、聖嬰展望) JMA_tcc(Seasonal Climate Outlooks) CPC(El Niño/ENSO、Teleconnections、MJO) APCC(Bsiso、seasonal forecast、ENSO) ECMWF(climate change service_seasonal)						
	天氣尺度	農試所(Tari) CWB(agr、CODiS) NCDR(WATCH) CPC(monitring and data)	CWB(NWP_全球(亞洲)→11)、 NCDR(WATCH_全球→8 // MPAS →16)) JMA_NWP(→11) Tropical-Tidbits(→16)						
時間尺度	年	季	月	週	今日	週 (預報天數5-8-11-16)	月	季	年



圖五 氣象(候)資訊於水稻栽培應用示意圖

Discussion on Application of Meteorological Information in Disaster Management of Rice Cultivation-Taking Taitung Rift Valley Region as an Example

Ching-Ying Liao¹, Wen-Ching Wang², Chun-Nan Lin³, Ding, Wun-Yan¹, Chun-Chieh Tseng⁴

¹ Taitung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan

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

³ Department of Agribusiness Management, National Pingtung University of Science and Technology

⁴ Disaster Prevention and Technology Information Center, National Taitung University

Abstract

Rice has been the staple food of the Chinese people for a long time, and it has a long history of cultivation in Taiwan. From artificial advancement to mechanized cultivation, it can be said that it has quite mature technology. Even so, rice farmers often suffer a lot of losses in facing of extreme weather and unusual weather conditions that accompany climate change. Facing the impact of climate change, relevant units have begun to promote agricultural climate adjustment and implement smart agriculture to cope with possible impacts. The Food and Agriculture Organization of the United Nations has even put forward the concept of climate-smart agriculture, hoping to ensure food security and support sustainable development through the adjustment and transformation of the agricultural system. In the past three years, from a practical perspective, to meet the needs of rice farmers for meteorological factors and forecasts during rice cultivation, a trial mode has been established to provide meteorological information. Such an operation mode is indeed beneficial to farmers' rice cultivation and income, and it could be the first step in the development of climate-smart agriculture. Therefore, this article will show and discuss the operation and application of it. It is hoped that more standardized operations can be introduced in the future to respond to the impact of climate change and maintain the benefits of farmers' production and rural development.

Key words: Climate change, Adaptation to climate change, smart agriculture, disaster management