



因應氣候變遷

◎苗栗區農改場／張素貞·賴巧娟·呂秀英

氣候變遷惡化農業生產環境 臺灣稻作生產韌性調整措施

前言

去(2019)年龍眼因年初暖冬不開花，五月豪雨致水稻、葡萄、西瓜嚴重受損，六月的高溫造成臺中及苗栗地區桶柑果實受傷害。再再顯示氣候變遷導致極端天氣加劇，農業生產面臨的挑戰與日俱增，科學家預測二〇四〇年全球升溫 1.5°C，農業生產環境更趨惡化。為建立具韌性的農業，二〇一九年十月間農委會陳吉仲主委提出氣候變遷惡化農業生產環境之際，農業部門應提出積極作為，因而訂下六大策略。依據近 12 年農業災損重要紀錄酷熱、低溫、焚風、乾旱、及水災等造成臺灣主要糧食作物水稻天然災害。為應對此種全球氣候變遷發展趨勢，各地區應當提出生產韌性的調整策略。茲就以往資訊蒐集、相關研究專家研究建議等，統整未來臺灣水稻生產韌性調整的可行策略。

建構農業韌性

甚麼是韌性？甚麼又是農業韌性？如何建構？農業韌性之英文在國際上以 Resilience 表示，該名詞原本是物理學概念指物體受到外力擠壓時回彈。引申為面對嚴重威脅，個體的適應與發展仍然維持良好的現象。在農業上則係指農業生產體系在面對不同面相環境的變化仍然可以適應與發展良好的現象。依據於二〇一九年九月奉行政院已核定「國家氣候變遷調適行動方案」及「國家氣候變遷調適行動計畫」，農委會投入於水資源、土地使用、海洋與海岸、災害等領域相關政策調整與調適措施，達到農業生產對氣候變遷的調適能力與韌性(圖1、2，農委會「因應氣候變遷之農業技術研發成果發表會」系列活動列車啟動記者會 2019.10.02)。並依據多年的努力成果初擬定六大調適策略架構，其包含①維護農業生產資源與環境，穩固韌性農業基石；②發展氣候智慧農業科技，提升產業抗逆境量能；③調整農業經營模式並強化產銷預警調節機制，穩定農

產供應；④建構災害預警及應變體系，降低氣候風險與農業損害；⑤強化農業災害救助與保險體系，提高風險管理能力；⑥定期監測與加強管理保護區域，維護生物多樣性等，於二〇二〇年起積極推動與執行(農委會企劃處新聞稿 2019.11.28)。

臺灣稻作過去 12 年重要災損紀錄(2007~2019)

依據二〇〇七至二〇一九年間稻作重要災損紀錄整理，對稻作生產的影響資料如下，發生時期第一期作 5 次，第二期作 4 次，水稻生育期有插秧~分蘗期(2 次)、幼穗形成分化~抽穗期(2 次)、抽穗~成熟期(5 次)，其中有高溫、焚風(> 37°C)、低溫(< 18°C)、強風豪雨、成熟期連續下雨等影響稻作生產，造成的損害症狀有水田淹沒、花粉死亡、不稔實、空穗/白穗、穗上發芽、及倒伏等，依據受害徵狀與氣象狀況聯結加以解析說明，並將各紀錄時間、颱風/異常氣象、水稻生育期、受害徵狀、主要影響地區/狀況、解析說明及農政策略簡述如表一。

稻作生產韌性調整措施

依據二〇〇七至二〇一九年間稻作重要災損紀錄及分析後，發生期多在抽穗~成



↑圖1. 農委會陳主委吉仲(前排左四)主持 2019/10/02「因應氣候變遷之農業技術研發成果發表會」系列活動列車啟動記者會

↓圖2. 氣候變遷對農業影響及調適建構強韌農業的目標(摘錄農委會 2019/10/02「因應氣候變遷之農業技術研發成果發表會」系列活動列車啟動記者會陳吉仲主委簡報)

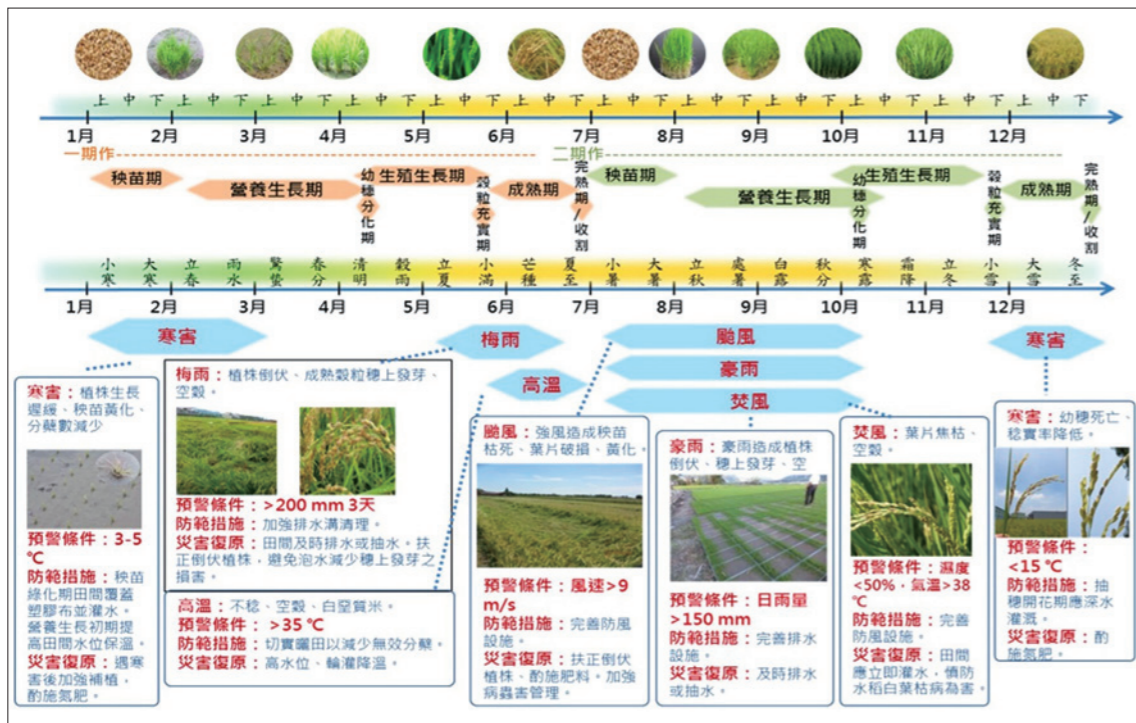


表一、稻作過去 12 年重要災損紀錄之時間、颱風/異常氣象、水稻生育期、受害徵狀、主要影響地區/狀況、解析說明、及農政策略描述 (2007~2019 年)

時間	颱風/異常氣象	水稻生育期	受害徵狀	主要影響地區/狀況	解析說明	農政策略
2007.10.8	柯羅莎/焚風 > 37°C	第二期作抽穗~成熟期	不稔實、倒伏空穗/白穗	南投縣、花蓮縣	柯羅莎屬秋颱有風雨外，颱風過後有焚風	臺灣各地農業損失總金額約 42.7 億元，共計有苗栗縣、南投縣、嘉義縣、臺南縣等 13 個縣達到災害管理救助標準
2009.4~5 月	低溫 < 18°C	第一期作幼穗形成分化~抽穗期	花粉死亡、發育不全遲發性以抽穗白穗判斷之	花蓮縣	低溫發生 4 次，次間相隔 3~7 天，每次約 3 天，累積效益導致災害	以專案救金補助發生地區
2009.8.8	莫拉克颱風	第二期作插秧~分蘗期	淹沒稻作初期生長的植株	全臺稻作面積 21,673 公頃，達 20% 損害，換算面積為 4,383 公頃	詳可參農委會“莫拉克颱風農業應變處置實錄”	全臺均達到災害管理救助標準
2013.10.12	氣溫/濕度	第二期作抽穗~成熟期	稻穗感染稻熱病菌	彰化溪州	此非災損，而是因為氣候變化導致病蟲害異常發生	未列入災害，呼籲稻農加強異常氣候病蟲害預防管理
2015.8.10	蘇迪勒颱風	第二期作插秧~分蘗期	未波及稻作	農產品受損嚴重，估計損失近 9 億元，農作物被害面積 17,761 公頃	該時期為水稻甫插秧完成，若無過久積水不會產生災害之故	針對受損作物進行專案災害管理救助
2017.6.24	強降雨與梅雨鋒面過境	第一期作成熟期	稻作產區泡水導致部分稻穗發芽	雲林地區	梅雨時間不穩定或有延後現象 成熟稻穀未進入休眠期前浸水後易發生發芽	繳交公糧者以災害穀為繳交標準
2018.6.21	連日豪雨	第一期作成熟期	造成局部地區水稻倒伏、穗上發芽，品質受損	臺東縣及花蓮縣富里鄉等區域	成熟稻穀未進入休眠期前在高濕潤狀況 3~7 天後易發生發芽	啟動災害稻穀收購機制，農民可繳售災害稻穀
2019.5.21	低溫	第一期作孕穗及抽穗期	導致水稻穀粒稔實不良，造成減產，經勘查損害率 7%	宜蘭縣員山鄉	累積低溫不足，導致災損未達 20%	未達天然災害現金救助標準
2019.6.18	連日下雨	第一期作成熟期	水稻倒伏、穗上發芽	臺東縣長濱鄉、屏東縣美濃地區	成熟期穀粒充實飽滿，穗部吸收水分濕潤且增重，易倒伏或穗上發芽	啟動災害穀收購機制

表二、水稻生育期面臨的氣象風險與栽培管理調適的方法

月份	生育期	氣象風險與栽培管理調適
1~3 月	一期作秧苗期和營養生長初期	若有 3~5°C 之低溫，會造成植株生長遲緩、秧苗黃化，甚至枯萎、分蘗數減少。若達寒害預警條件 (3~5°C)，綠化中秧苗應覆蓋塑膠布並灌水進行保溫。已插秧之幼苗應灌水提高水位進行保溫防範。若已遭受寒害，需加強補植，減少缺株，同時視幼苗生長情形酌施氮肥。
5~6 月	第一期作生殖生長後期及穀粒充實期	①若連續 3 天以上雨量大於 200 mm 之梅雨，易造成已結穗植株倒伏，成熟穀粒穗上發芽或空殼。若達雨害預警條件 (>200 mm, 3 天)，應確保田間水溝之清潔，加強排水進行防範。若已遭遇雨害，應及時排水或抽水、扶正倒伏植株，避免植株泡水導致穗上發芽。 ②若溫度大於 35°C 之高溫，易造成開花期植株不稔而產生空殼，充實中穀粒形成白聖質。若達高溫預警條件 (>35°C)，切實曬田減少無效分蘗進行防範。若已遭遇雨害，應及時排水或抽水、扶正倒伏植株，避免植株泡水導致穗上發芽。若已遭遇高溫，需加高灌水水位，或以輪灌降低溫度。 ③夏季期間須注意濕度小於 50%，氣溫大於 38°C 之焚風，易造成葉片焦枯、穗上空殼，若達焚風預警條件 (濕度 < 50%，>38°C)，須有完善防風設施，若已受害，田間應立即灌水降溫，並慎防水稻白葉枯病危害。
7~10 月	為臺灣颱風發生盛期	若風速大於 9 m/s 之強風，易造成秧苗枯死、葉片破損、黃化、增加病蟲害發生率，若達風害預警條件 (9 m/s)，須有完善防風設施，若已受害，可扶正倒伏植株、酌施肥料、加強病蟲害管理。同時須注意雨量大於 150 mm 之豪雨，易造成植株倒伏、穗上發芽、空殼，若達雨害預警條件 (>150 mm)，須有完善排水設施。若已受害，則及時排水或抽水、扶正倒伏植株。
11 月底~12 月底	第二期作穀粒充實期	若氣溫低於 15°C 之低溫，易造成幼穗死亡、稔實率降低；若達寒害預警條件 (<15°C)，須於抽穗開花期深水灌溉保溫，若已受害，可酌施氮肥。



↑圖3. 水稻防災栽培曆 (105 農科 - 17 1 1 - 科 - a3 (2) _ 105 年度研究報告)

熟期 (5 次)，其中天然災害有高溫、焚風 (> 37°C)、低溫 (< 18°C)、強風豪雨、成熟期連續下雨等，稻作生產如何面對這些災害來採取應變調整的措施。參考農林氣象災害風險指標建置及災害調適策略之研究所得 (105 農科 - 17 1 1 - 科 - a3 (2) _ 105 年度研究報告)，針對臺灣在不同月份的情況下，提出水稻生育期面臨的氣象風險與栽培管理調適的方法供農民參考 (表二及圖 3)。

除水稻生育期面臨的氣象風險予以栽培管理調適的方法外，針對稻作生產韌性調整措施，根據近年來專家學者針對臺灣氣候變遷在水稻生產應對調整策略整理如下。

1. 維護稻作產業資源與環境，穩固韌性生產基石

推動生態系服務的概念，讓生產環境不因人為濫用資源或破壞的因素，導致生產資源匱乏，也可善加利用循環農業的操作模式，讓稻作生產達到無農業廢棄物的產生如利用稻稈或降低甲烷的產生。農委會二〇一八年起推動「對地綠色環境給付計畫」，透過獎勵種植進口替代、外銷主力、重點發展等具競爭力轉(契)作物、實施「稻作直接給付與公糧保價收購」雙軌並行制，且與結合有機及友善環境補貼等措施，輔導農友適地適種，促進農業永續發展 (農糧署新聞稿 2018.01.09)。二〇二〇

年更為維護農地農用，針對農業用地維持農糧作物生產者，包括水稻、蔬菜、水果、溫室花卉等作物在內，即給予「農業環境基本給付」獎勵 (圖 4)，連檳榔、老葉也可以申領獎勵，全年 2 個期作每公頃 1 萬元，凡屬農糧作物，具有生態、環境維護等功能者均為給付獎勵對象。調查農地農用面積約 31.6 萬公頃，農委會預估將投入 31.6 億元經費 (農糧署新聞稿 2019.12.13)。

2. 發展氣候智慧農業科技，提升產業抗逆境量能

臺灣稻作產業研究團隊之水稻推動小組於二〇一七年配合新農業政策推動智慧農業啟動「稻作產業領航產業技術研發與應用」整合型計畫，以分工合作方式完成育苗搬運機械、水稻直播體系、智能化農機、智能田間栽培管理體系、病蟲害智能監測與防治、智能糧倉管

理系統等，將關鍵技術的導入與應用，讓水稻栽種體系多元化，田間管理機械化及模組化，提高稻作的生產效率與產業競爭力，趨近於二〇一七年所建構的智農聯盟情境圖 (圖 5)，促成農業機械、秧苗數量之資訊整合與有效調配；生產與消費等資訊能透明分享與有效串連；進而推動新創事業，輔導智能化育苗公司、新興農事服務公司、智能機械設計與維修公司等產業形成。

3. 調整稻作經營模式並強化產銷預警調節機制，穩定稻米供應

①開發適合逆境水稻品種：應對策略首要在適合逆境水稻品種，如耐熱、耐旱、及抗病蟲害之品種。IRRI 於二〇〇〇年提出好氧稻 (aerobic rice)，即指旱稻或陸稻，對於水份的需求較低。對於水資源有限的地區如臺灣，諸如好氧稻的旱稻選育及栽種，可能也是提



↑圖4. 二〇二〇年農委會對地綠色環境給付政策增加農業環境基本給付，以突顯維護生產環境之重要性 (農糧署新聞稿 2019.12.13)
→圖5. 智慧稻作產業推動二〇一七至二〇二〇年目標與預期效益

升農業用水效率的另一項選擇。農委會自二〇〇八年成立良質米研究團隊，針對全球暖化問題，開發水稻新育種及技術，於稻米品質、抽穗期、及病害抵抗力引入分子輔助育種篩選技術，蟲害則加強族群遷移變動及預測偵測相關研究，導入經濟水平預測防治觀念，為農民防治病蟲害策略之參考。更於二〇一九年「因應氣候變遷之農業技術研發成果發表會」系列活動中推崇二〇一七年農試所育成之抗病、抗蟲、耐倒伏水稻「臺農 81 號」可面對惡劣環境之韌性品種。

②**栽培期調整**：依據本場與臺灣大學盧虎生教授合作栽培期調整與栽植密度相關試驗，結果顯示：抽穗後氣溫影響以抽穗後 15 日內最為顯著，同時影響產量、穀粒外觀與食味品質。早期插秧者遭受最高之全生育期高溫累積積溫（超過 26°C 者），導致其單株有效穗數低。

③**調整栽植密度**：高密度栽培者（行株距 30×15 公分）日溫較高，夜溫較低；密度低者（30×30 公分）之截光率及葉綠素值則顯示據有較好的光合效率，穀粒充實期較長，故調整栽植密度可以緩解高溫造成的不利影響。推薦第 1 期作栽植行株距 20×30 公分以上，第 2 期作則可在 20×30 公分以下。

④**妥善灌溉管理**：水田排放方面，其中最大部分在於水田的甲烷。研究指出，水田在還原狀態時，也就是在湛水情況下，容易增加甲烷生成菌的活性，進而導致甲烷釋放的增加。因此，在不影響稻株正常生長的前提下，合理進行田間水分管理，例如在分蘖期進行間歇性灌水、分蘖後期確實執行晒田等，皆可有效降低

甲烷的釋放，並可節省灌溉水的使用，此在水資源日趨珍貴的未來，亦提供助益。

⑤**合理化施肥**：氮肥的製造端產生了大量的碳足跡，因此如果減少氮肥的使用量，必可減少製造端的碳足跡。此外，學者指出，田間氧化亞氮的釋放與氮肥施用量成正比，也就是說若施加了過多的氮肥，不只流失到地下水域造成污染，亦會轉為溫室氣體而增加碳足跡。合理化施肥對於栽培成本的節省與作物病蟲害管理亦十分重要，因此是栽培調整上不可忽視的一環。

⑥**水旱田輪作**：在湛水情況下，田間將釋放大量甲烷，而旱田的釋放將顯著少於水田。除此之外，研究指出，由於生育期溫度較高，第 2 期作的甲烷排放高於第 1 期作。因此，若可以在水稻產量較低的第 2 期作時期轉作旱作如大豆、玉米或綠肥作物，將可降低田間之甲烷排放。臺中場早於一九九九年即展開水稻中間作試驗，當時發現移植時期及品種之產量表現，以臺中秈 10 號在四月移植時 6, 712 kg/ha 最高，但因其穗大且容易倒伏，故需適期收穫以免造成產量損失。此外，因期間易受螟害，栽培期間應注意螟蟲防治。二〇一九年再度以冬麥夏稻（中間作）試驗打破水稻兩期作之栽培模式，改為水稻單期作（五月至十月）種植，試驗初步篩選出 5 個生育期較適當的種原品系，平均產量介於每公頃 3.5 至 9.5 噸。調整栽培時期除提供冬季小麥、馬鈴薯等作物更有彈性的栽培期選擇，且讓稻作在極端氣候下選擇最適栽培期，同時建構了「韌性農業」生產體系。



圖6. 建構智農聯盟情境圖（圖片提供／農試所賴明信博士）

4. 建構災害預警及應變體系，降低氣候風險與農業損害

農委會於二〇一六年起執行「農林氣象災害風險指標建置及災害調適策略之研究」計畫，至二〇一九年止建置 131 個農業氣象觀測站，提供全臺重要農業生產區的氣象資料，並所累積資料成為預報資料，但如何將氣象資料成為重要的農業生產資訊，必須與作物生產結合才能成為有用的資訊。農業試驗所整合各氣象觀測站即時氣象資訊、災害預報及作物致災氣象臨界條件，建置『農作物災害早期預警資訊平臺』<http://disaster.tari.gov.tw/>（圖 5），以提供農業經營者有用且即時的訊息，作為減災與避災的因應之道。本系統內容包括網頁版的即時氣象資訊，如農業氣象活動訊息、即時農業氣象

觀測資料、專區氣象預報等最新資訊；歷史資料如臺灣農業氣候型態、氣象災害發生率、災害熱區圖資、23 種重要農作物之防災栽培層及各種農業災害之防範技術，讓農民在災前、災中及災後皆有充分的資訊，即時掌握田間作物面對災害的應變措施。同時為提供農民更輕易取得即時防災資訊；另提供手機 APP 版氣象致災通報（圖 6），將即時氣象資訊與作物致災氣象臨界條件整合，透過手機主動推播給農民，提供農民災前防範參考，以減少災害損失。（資料來源：農試所農作物災害早期預警系統）。

5. 強化稻作災害救助與保險體系，提高風險管理能力

為協助農民降低因各種天然災害及病蟲害

所導致的生產風險，除農業天然災害救助措施外，農委會與富邦產物保險股份有限公司於二〇一七年研發推出「富邦產物水稻區域收穫農作物保險」，水稻保險為區域型收穫保險，所謂區域型以個別鄉鎮市水稻實際收穫量而定，並採類指數型保險商品設計，依農委會農糧署歷史平均產量及坪割統計數據，當某一鄉鎮市稻米實際產量低於農糧署公告之保證產量(前5年平均該鄉鎮市稻米收穫量的80%)時，始啟動理賠機制，則該鄉鎮市投保之所有農民即可獲得理賠，不須向個別農民進行勘損。(資料來源農糧署新聞稿2017.07.06)。

結語

氣候變遷造成惡化農業生產環境，依據近12年酷熱、低溫、焚風及水災等造成臺灣主要糧食作物稻作天然災害紀錄，有高溫、焚風(>37°C)、低溫(<18°C)、強風豪雨、成熟期連續下雨等，

稻作生產如何面對這些災害來採取應變調整的措施本文加以闡述外，同時考量氣候異常時所造成病蟲害易發生環境時，稻作生產者應如何調整管理策略達到農業產的韌性。本文參考農林氣象災害風險指標建置及災害調適策略之研究所得(105農科-1711-科-a3(2)-105年度研究報告)，提出水稻生育期面臨的氣象風險與栽培管理調適的方法供農民參考，及彙整農政策略與試驗研究等資料提出稻作生產栽培上韌性調整措施。未來持續會面對惡化生產環境且急迫需要尋求解決調適的方法，如持續選育耐逆境品種(耐熱寒旱、抗倒伏及病蟲害等)、增加灌流設施降低溫度或防止植株搖動、調整栽種期避開穀粒充實期遇到高溫等應對生產技術措施，農政策略如何保障稻農在惡劣環境下生產，提供穩定糧食供應，如近期對地綠色補貼及稻作災害保險等政策即是。以上若有不足之處或應環境滾動性的需求，是稻作產業團隊未來積極努力的面向。

註

本文部分資料係參考作者張素貞等二〇一三年因應氣候變遷之地區性水稻生產調適策略：以苗栗地區為例及二〇二〇年稻作生產環境風險評估 I 氣象因子等報告。



廣告