

# 臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫

## 農業領域 第三期成果發表

行政院農業委員會農業試驗所

姚銘輝 研究員

國家災害防救科技中心

徐永衡 助理研究員

劉雨蓁 佐理研究員



2022/09/13

# 農業領域研究團隊



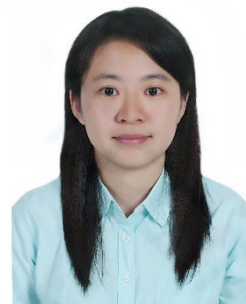
農業試驗所

姚銘輝 研究員



國家災害防救科技中心

徐永衡 助理研究員



劉雨蓁 佐理研究員

團隊顧問

盧虎生教授(臺大農藝)

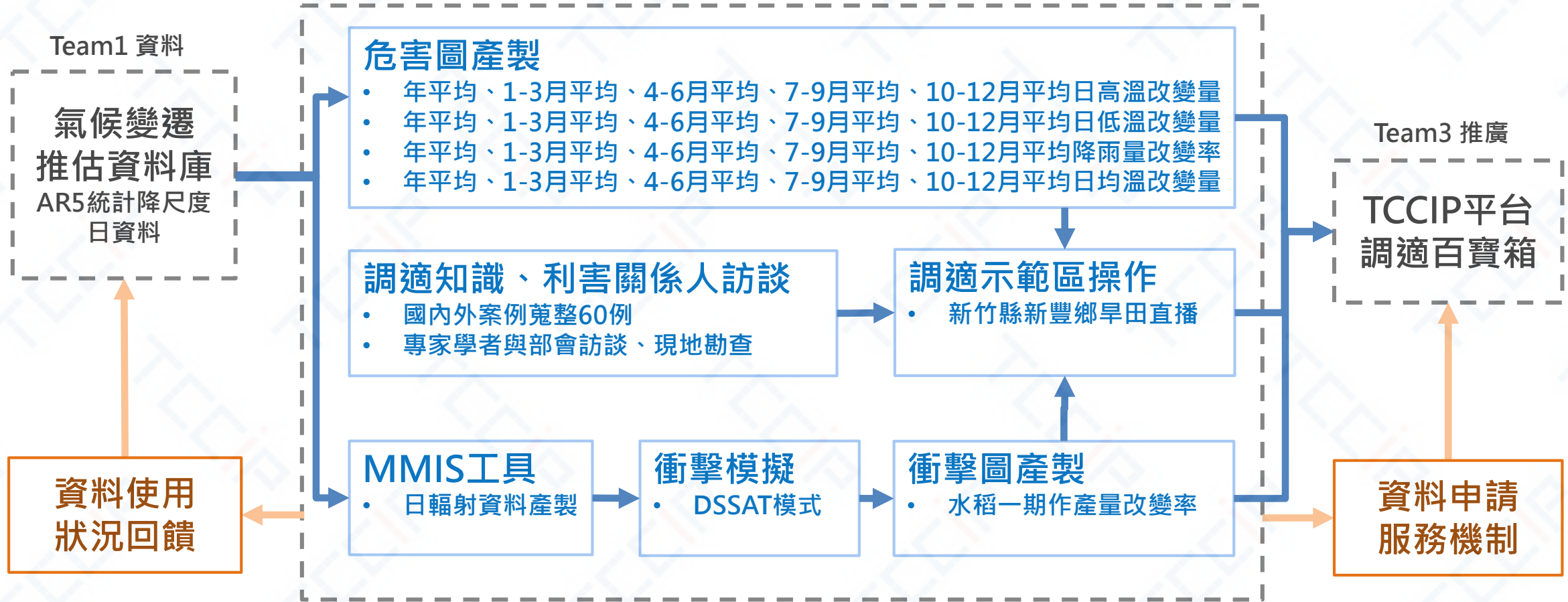


# 農業領域第三期計畫工作架構圖



## Team2 危害與衝擊評估

--- 跨小組合作  
□ 各領域執行





## ➤ 氣候變遷危害/衝擊指標與圖資產製

- 採用TEAM1產出**多模式統計降尺度日資料**成果
- 依據文獻蒐集與專家訪談挑選**氣候危害指標**、**衝擊指標**
- 配合調適示範實作，**呈現調適示範區未來衝擊**

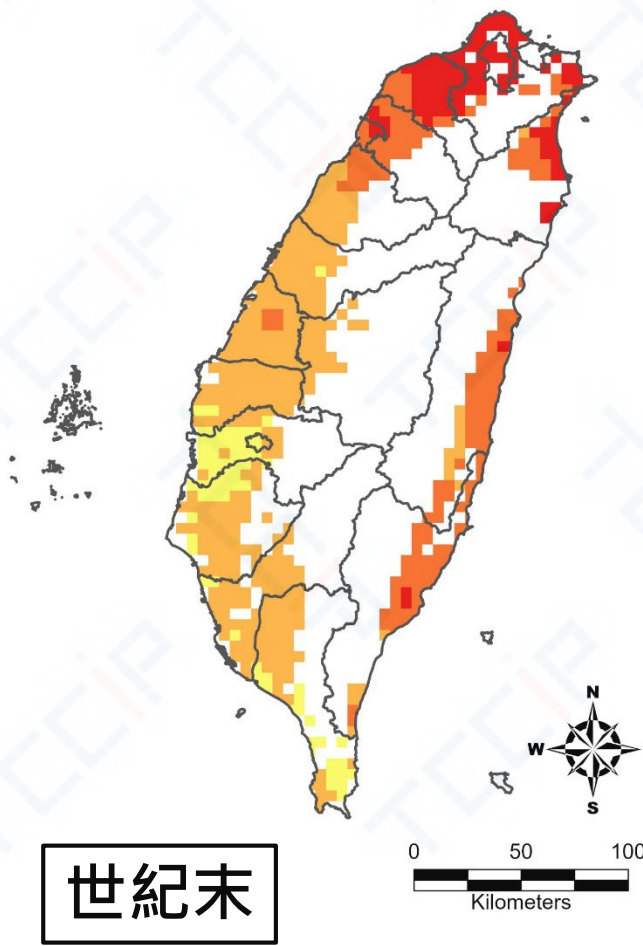
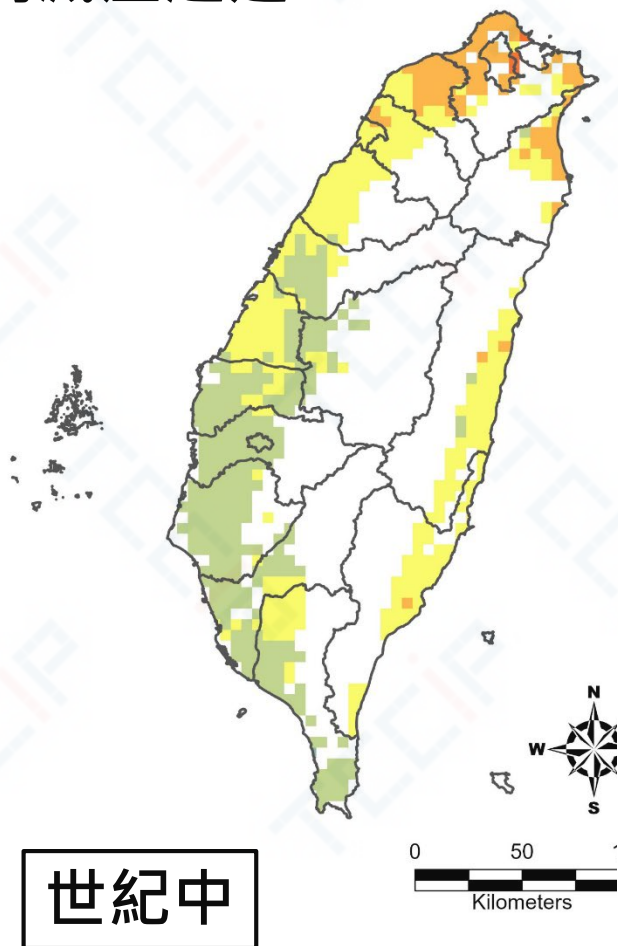
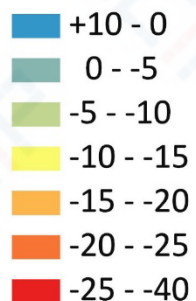


# 水稻產量改變率 – RCP8.5



- 暖化情境下，水稻產量呈現**減少**趨勢，世紀末減產程度**漸趨嚴重**。
- 根據AR5最劣情境RCP8.5**模擬結果**下，世紀末平均較基期減產18.1%，甚至部分區域達到減產超過25%。

水稻產量改變率(%)



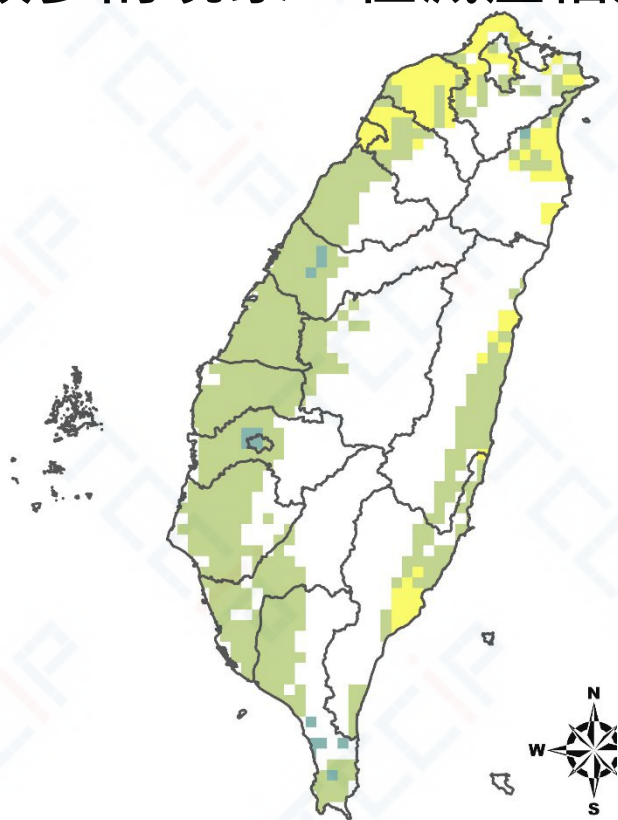
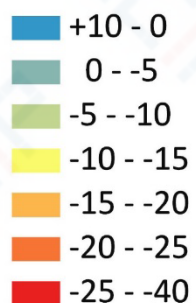
# 水稻產量改變率 – RCP4.5



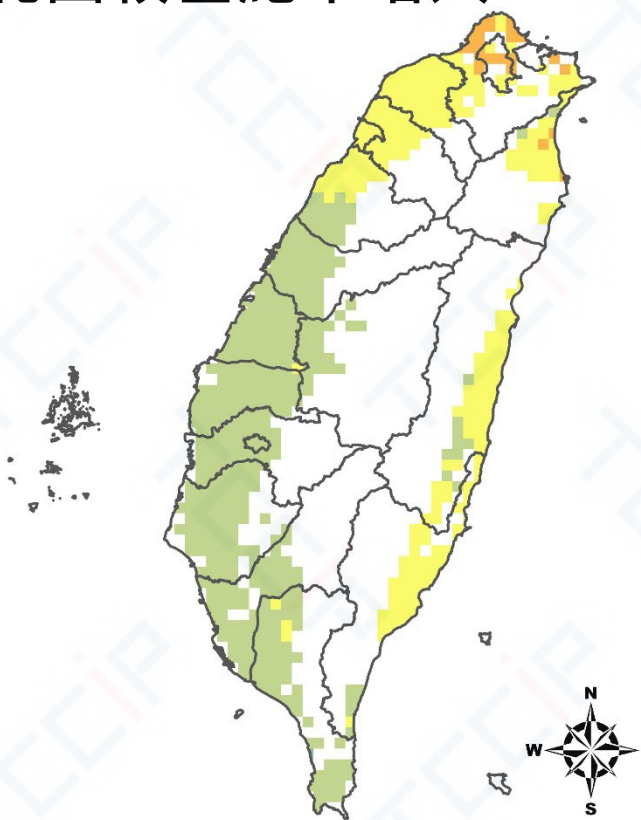
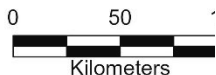
■ 暖化情境下，水稻產量呈現**減少**趨勢，世紀末減產程度**漸趨嚴重**。

根據AR5情境RCP4.5**模擬結果**下，世紀末平均較基期減產9.1%，僅北部部分網格有減產較多的現象，但減產幅度和範圍較世紀中增大。

水稻產量改變率(%)



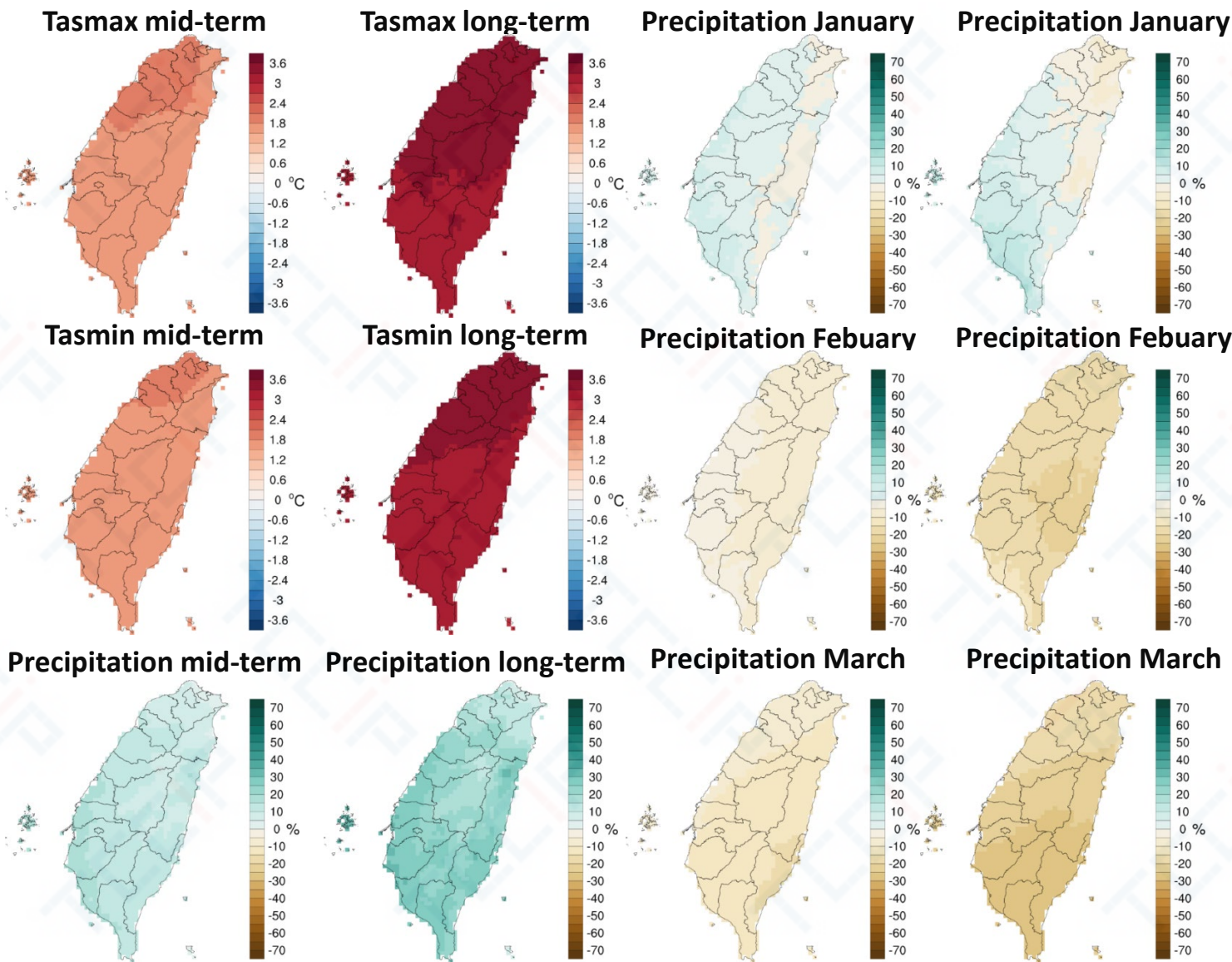
世紀中



世紀末



# 危害指標 RCP8.5



氣象因子	危害指標
溫度	年平均日高溫改變量
	年平均日低溫改變量
	年平均日均溫改變量
雨量	每月平均日高溫改變量
	每月平均日低溫改變量
	每月平均日均溫改變量
雨量	年平均降雨量改變率
	每月平均降雨量改變率

世紀末時整體臺灣日最高溫呈上升趨勢，且在北部與中部最顯著。在日最低溫改變量的危害圖也可看見相同的趨勢。

並看到年平均降雨量改變率的危害圖，整體趨勢維持不變，但影響一期作最主要的一至三月份月平均降雨量，則發現北部與東部較其他地區明顯呈減少趨勢。

# 農業領域調適知識案例蒐整轉譯



## 資料蒐集

## 重點轉譯

## 知識彙整與案例參考

Climatic Change (2013) 117:241–257  
DOI 10.1007/s10584-012-0496-6

### Multipurpose agroforestry as a climate change resiliency option for farmers: an example of local adaptation in Vietnam

Quan Nguyen • Minh H. Hoang • Ingrid Oboon • Meike van Noordwijk

Received: 20 December 2010 / Accepted: 13 July 2012 / Published online: 2 August 2012  
© Springer Science+Business Media B.V. 2012

**Abstract** Increasing frequency, intensity and duration of severe weather events are posing major challenges to global food security and livelihoods of rural people. Agriculture has evolved through adaptation to local circumstances for thousands of years. Local experience in responding to severe weather conditions, accumulated over generations and centuries, is valuable for developing adaptation options to current climate change. This study aimed to: (i) identify tree species that reduce vulnerability of cropping systems under climate variability; and (ii) develop a method for rapidly assessing vulnerability and exploring strategies of smallholder farmers in rural areas exposed to climate variability. Participatory Rural Appraisal methods in combination with Geographical Information Systems tools and statistical analysis of meteorological data were used to evaluate local vulnerability to climate change and to investigate local adaptation measures in two selected villages in Vietnam, one of the countries most vulnerable to climate change. The low predictability of severe weather events makes food crops, especially grain production, insecure. This study shows that while rice and rain-fed crops suffered over 40% yield losses in years of extreme drought or flood, tree-based systems and cattle were less affected. 13 tree species performed well under the harsh local climatic conditions in home and forest gardens to provide income, food, fuel and other environmental benefits. Thus, this research suggests that maintenance and enhancement of locally evolved agroforestry systems, with high resilience and multiple benefits, can contribute to climate change adaptation.

Q. Nguyen (✉) • M. H. Hoang  
World Agroforestry Centre (ICRAF), Vietnam Country Office, No. 8, Lot 13A, Trung Hoa street,  
Yen Hoa ward, Cau Giay City, Hanoi, Vietnam  
e-mail: quan.nguyen@cgiar.org

M. H. Hoang • I. Oboon  
Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden

M. van Noordwijk  
World Agroforestry Centre (ICRAF), Headquarters Office, Jalan Cifer, Singapore, Bogor, Indonesia

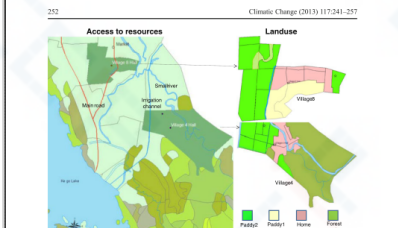


Fig. 4 GIS analysis of access to resources and land-use patterns in two study villages in Cam My commune. Participatory mapping analysis was carried out together with a commune cadastre officer, two village leaders and two farmer representatives. The map shows different access to main road, water, market and forest, and different land-use structure between village 4 and village 8

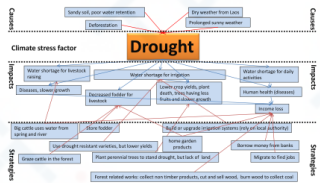


Fig. 7 Development of a problem-solving tree for drought, a major climate stress factor in the area. The tree is constructed in a way that solutions (strategies) are linked directly to impacts for the extreme weather event. This problem-solving tree exercise was applied in commune meetings, village meetings, and in-depth farmer interviews. In addition, local awareness about the causes of the weather stress factor was analyzed

### 越南多用途農林耕作制度

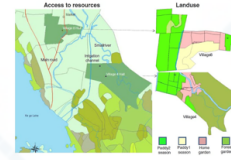
#### 問題在哪裡?

從研究者的角度及這類的問題在農業生產解決的問題

氣候變遷造成的全球暖化使越南成為高氣候風險的國家之一，尤其越南中部農區沿海，該地區主要種植的水稻受海平面上升影響，以中越的河靜省龍川縣(Cam My commune)為例(圖一)，該地區海岸線低，有茂密的森林區，及高度依賴農業生產，然而地理位置經常受到熱帶氣旋影響，每年9至10月會有強降雨而產生連綿洪水，以10月的降水情況最為嚴重，其降雨量高達2200毫米(圖二)，而在12月至隔年7月為乾季，通常會發生乾季，這類型的氣候事件嚴重影響該地區水稻生產，水稻易遭受乾季乾季乾季，從11月到4月以及3月到8月，休耕8個月到10月以避免乾季(圖三)，相較於越南南部沖洲地區農業生產也面臨類似，因此水稻可收穫三次，曾在2008年，因水旱災(乾季次數多38天)兩次乾季事件，使得作物產量降低36%(圖三)。

### 地區(圖五)。

龍川縣在森林花園中，農民發現將茶樹、金合歡、綠樹和龍眼等種植在該地區的局勢氣候條件下(寒冷與乾季)有較好的適應能力(圖六)，尤其種植茶樹還可以透過銷售茶葉增加農民的收入，因此村莊4和村莊8的農民分別有71%和61%比例的家園種植茶樹以適應乾季的環境。



圖一 越南龍川縣(Cam My)村莊4與村莊8之GIS資源分析圖。  
(譯自 Nguyen, Q., Minh Hoang, I. Oboon, and M. van Noordwijk. 2013. Multipurpose agroforestry as a climate change resiliency option for farmers: an example of local adaptation in Vietnam. Climatic Change, 117:241-257.)

危險圖資  
衝擊圖資  
調適示範  
調適知識  
調適方法  
調適工具  
參考案例

地圖模式 列表模式

衝擊領域 農業  
案例類型 社會  
關鍵字

全球-作物監測早期預警 (CM4EW)  
議題領域: 社會性環境  
主要議題: 自然災害事件緩衝  
核心內容: 風險評估系統  
案例性質: 實務操作

日本-人工智慧改善土壤  
議題領域: 社會性環境  
主要議題: 提升多種作物種植  
核心內容: 風險評估系統  
案例性質: 實務操作

美國-溫帶果樹在氣候  
變化下的調適策略  
議題領域: 社會性環境  
主要議題: 熱浪、乾旱影響作物  
核心內容: 栽培管理、品種選擇  
案例性質: 實務操作

中國-以節氣建構冬小麥  
與一期水稻物候期  
議題領域: 社會性環境  
主要議題: 節氣變化  
核心內容: 風險評估與分析  
案例性質: 學術科研

中國-以節氣分析氣候  
改變對小麥的影響  
議題領域: 社會性環境  
主要議題: 節氣變化  
核心內容: 風險評估與分析  
案例性質: 學術科研

印尼-改善可耐樹蟻  
害制度  
議題領域: 社會性環境  
主要議題: 氣溫變化對生長  
核心內容: 風險評估與分析  
案例性質: 學術科研

越南-水稻乾季交替法  
示範與成效  
議題領域: 社會性環境  
主要議題: 灌溉用水不足  
核心內容: 風險評估與分析  
案例性質: 實務操作

越南-擴大範圍應用氣候  
智慧農業  
議題領域: 社會性環境  
主要議題: 乾旱、低溫影響作物  
核心內容: 風險評估與分析  
案例性質: 實務操作

Nguyen et al. (2013). Multipurpose agroforestry as a climate change resiliency option for farmers: an example of local adaptation in Vietnam. *Climatic Change*, 117, 241-257.



# 新竹新豐水稻調適示範操作



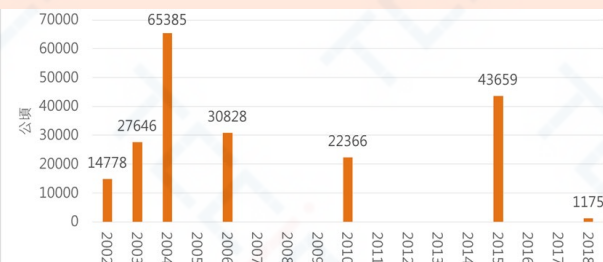
■ 構面同時開展，  
持續平行回饋

先行構面

農業調適示範

決策構面

灌溉水源不穩，休耕面積增加



參與式調適：利害關係人綜合座談



界定  
範疇

綜整  
決策

現有措施盤點，彈性應變空間較小



水稻旱田直播，因應氣候強化韌性

單位：公頃	傳統插秧	旱田直播
種植前準備	約1個月育苗作業	3-5天種子前處理
整田期用水量	485 噸	0 噸
產量	7,106 kg	6,574 kg
前期+收穫成本	41,250 元	29,850 元
生長日數	139天	188天

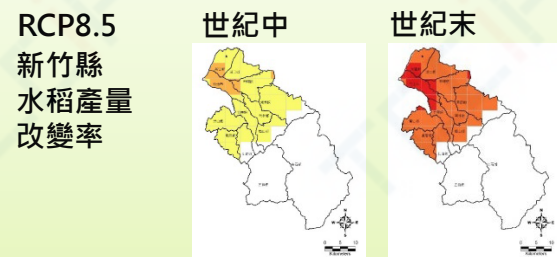
評估  
風險

檢視  
現況

檢討  
修正

推動  
執行

未來氣候變遷衝擊，水稻產量減少



專家實地輔導，農改場接續推廣





# 界定範疇 – 議題背景

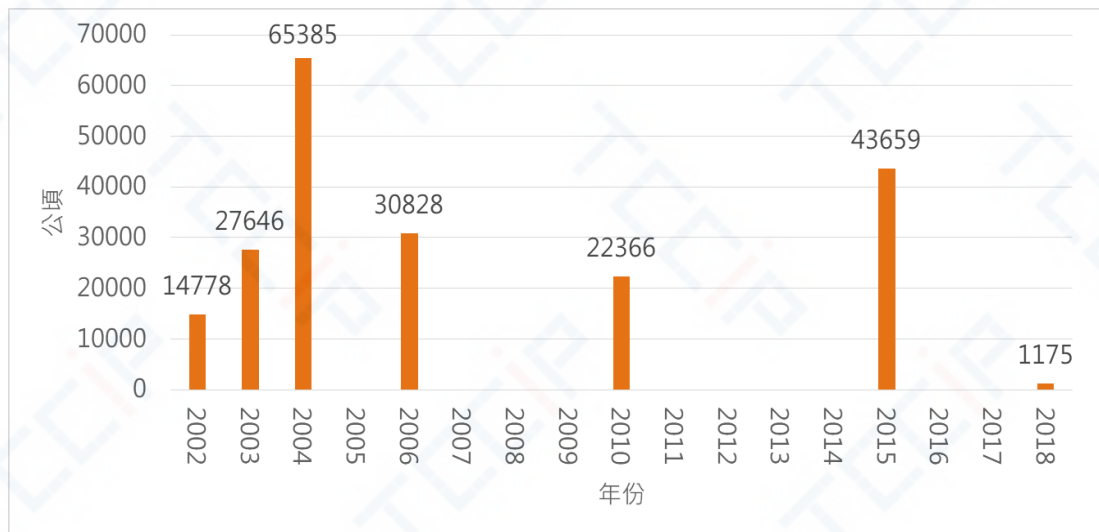


■ 地處石門灌區末端，灌溉水源競爭處於弱勢，農業用水供給不穩

■ 休耕停灌

- 2002~2018年已有7次停灌紀錄
- 2020年新豐鄉為桃園水利會輪值停灌區域

歷年一期稻作缺水停灌面積





# 檢視現況 – 產業鏈現況



## ■ 育苗業者

- 育苗需30~40天，公告休耕日期與生產端時程差異，造成已生產之種苗損失

## ■ 代耕業者

- 臺灣農業機械化程度最高的作物為水稻，休耕造成機具需求遽減影響收入

## ■ 佃農

- 休耕補助地主，承租農戶常拿不到政府補助款項



## ■ 因應氣候變遷，農委會推動 109年水資源競用區耕作制度 轉型方案政策

- 透過政策引導農民及早因應調整耕作模式
- 實施地點：**桃園**、**新竹**、苗栗、台中、臺南



- 生產者、農試所、災防中心綜合考量田間實務、農產專業、科學評估等因素，決定採取「栽培制度改變：旱田直播」的調適選項測試

## ■ 旱田直播

- 無須育苗，整地播種啟動時間短，決策復耕啟動容易
- 乾整地，前期需水量少，仍有機會種植
- 由育苗改成種子前處理，育苗業者有轉型方向
- 前期需注意事項較多，約長到3葉後可依照慣行栽培管理方式
- 生產者已有操作經驗，較有意願



## ■ 水稻強化用水系統(SRI)

- 每穴單株種植，常配合乾溼交替灌溉法
- 減少灌溉水施用，提高稻株水分利用效率
- 與慣行農業相較需耗費較多人力管理且無法施用化學藥劑和肥料
- 已有許多科技計畫針對SRI進行研究



圖片來源：屏科大



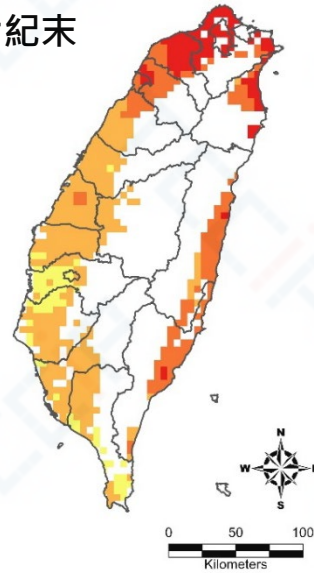
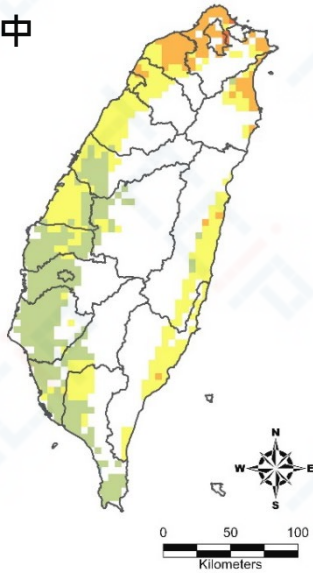
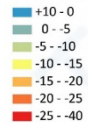
## ➤ RCP8.5情境下第一期作水稻衝擊圖

- 於世紀中時，部分北部區域已減產20%；於世紀末時，南部區域也至少減少15%產量，在北部和東部區域達到減產超過25%。
- 新竹縣的水稻產量衝擊評估世紀中產量平均減少14%，至世紀末則減少23.6%。利用模式模擬改變種植日期和種植方式，世紀中產量平均減少34.5%，至世紀末則減少44.4%。推測是由於模式中無法針對乾旱等極端事件模擬，並且目前台灣尚未有適合以旱田栽培的品種參數可作為校正，因此顯示若以現行品種較不適合於未來氣候變遷情境下改變種植方式的調適策略。

RCP8.5  
全臺  
世紀中

世紀末

水稻產量改變率(%)

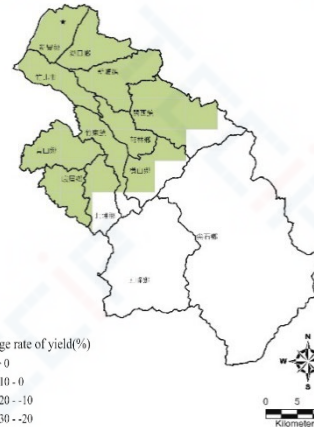
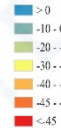


RCP8.5  
新竹縣

世紀中

世紀末

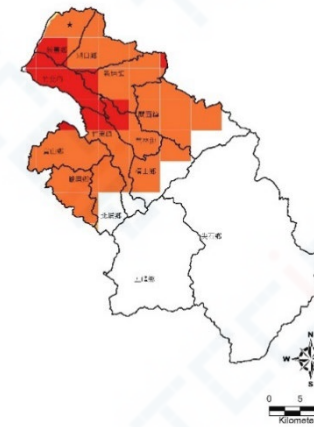
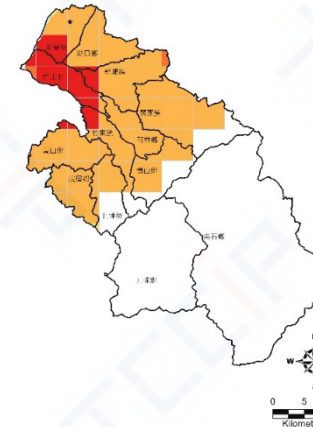
Change rate of yield(%)



RCP8.5  
新竹縣 (增加調適選項)

世紀中

世紀末



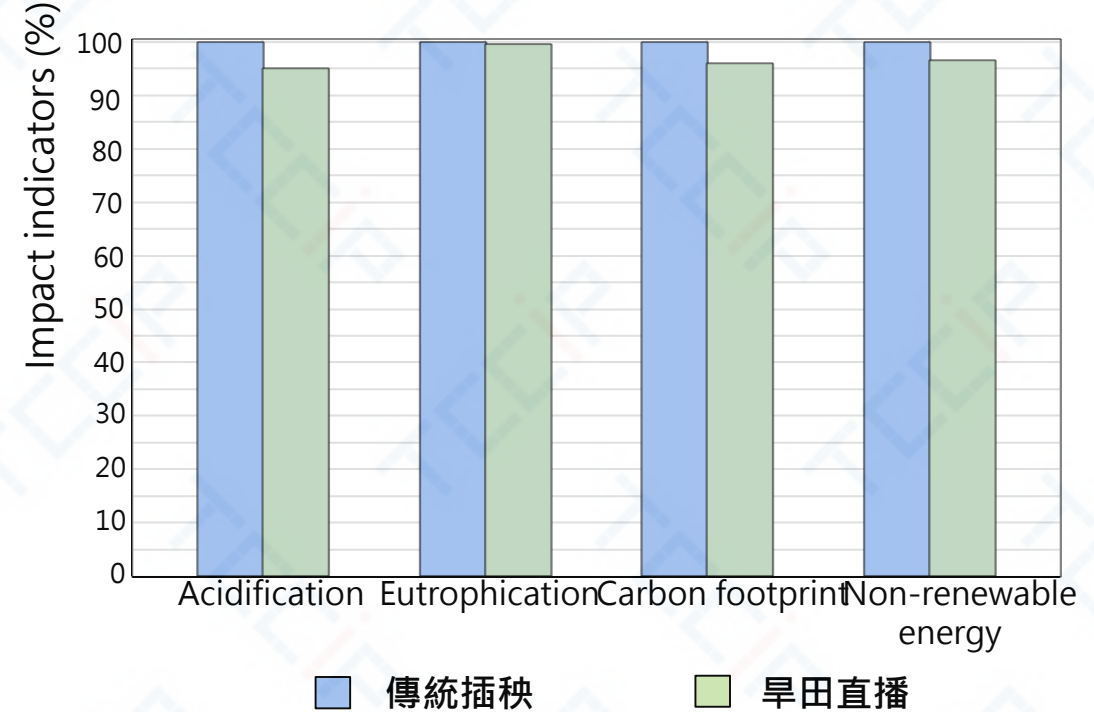


# 評估風險 – 水稻生產生命週期評估



## ■ 農機具使用對於環境衝擊影響之比較(傳統插秧與旱田直播) 在單位公頃土地下以不同栽培方式生產水稻造成環境衝擊之差異

Indicators	Unit	傳統插秧	旱田直播
碳足跡	kg CO <sub>2</sub> eq	1.24E+03	1.19E+03
酸化	kg SO <sub>2</sub> eq	6.77E+00	6.44E+00
優養化	kg PO <sub>4</sub> p-lim	1.53E-01	1.52E-01
能源耗用	MJ	2.13E+04	2.06E+04



旱田直播降低約5%之環境衝擊，  
推測由於農機具使用時間較短影響



# 推動執行 – 旱田直播效益分析



單位：公頃

傳統插秧

旱田直播

種植前準備

約1個月育苗作業

3-5天種子前處理

整地次數

3 次

2 次

田間用水管理

配合各生育時期維持田間固定水位高度

前期至三葉齡期間主要仰賴雨水，後期  
依照慣行插秧方式

整田期用水量

485 噸

0 噸

產量

7,106 kg

6,574 kg

前期+收穫成本

41,250 元

29,850元

預估收益

100,860 元

101,620 元

生長日數

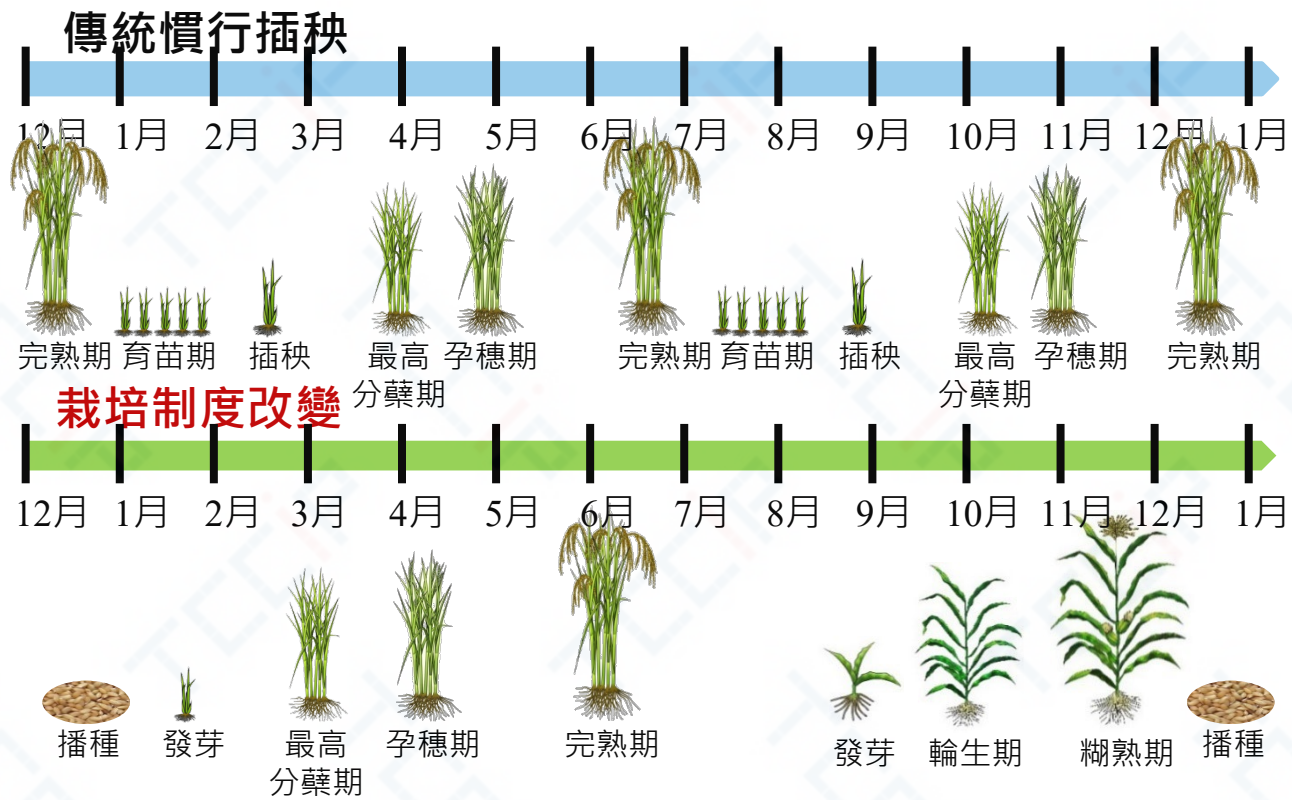
139天

188天



## 由農委會桃園區農業改良場協助農民合作試驗

- 儀器架設資料蒐集
- 水稻栽培技術測試
- 旱田直播宣傳推廣



## 農委會臺中區農業改良場舉辦水稻直播技術觀摩會

- 水稻栽培技術推廣
- 不同地區適用性





# 農業調適案例經驗與知識傳遞



□ 綜整農業領域調適示範操作的背景、選項測試、利害關係人參與、實務操作經驗等內容，**設計淺顯易讀的文宣品**，用於後續活動宣傳及推廣

農業生產與氣候息息相關，氣候變遷的衝擊可能會造成未來糧食安全問題，TCCIP根據氣候變遷科學評估結果進行農業調適研究，希望藉由調適工具的操作過程經驗，可幫助農業從業人員、決策者等更具體的瞭解調適工具的使用及策略的規劃

**調適經驗 紀實與分享**

- 示範區調適測試結果與經驗，彙編綜整以供外界參考，本案例已綜整至TCCIP氣候變遷整合服務平台調適百寶箱
- 示範區農民後續由行政院農委會桃園區農業改良場協助，合作擴大進行候選灌溉品種測試及旱作栽培試驗
- 其他旱田直播技術之相關研究，行政院農委會臺中區農業改良場舉辦水稻直播技術觀摩會，推廣適用於中部地區水稻直播技術

## 農業領域 示範案例

### 耕作制度調整 農業調適工具

#### Climate Change Service

TCCIP 學研究 產官學

#### 水稻生產 遭遇之困難

- 水稻用水佔整體農業水資源使用約70%
- 考量桃竹地區一期作農業用水供給穩定性，一旦宣布休耕停供，則無法進行水稻種植
- 二期作易受東北季風影響
- 地處石門灌區末端，灌溉水源變質處弱勢
- 農村人口高齡化，勞動人力不足
- 前期育苗農花費30-40天時間和大量人力，農事安排有時無法搭配公告休耕日期，造成已生產之秧苗損失

#### 未來 衝擊評估

1 未來氣候變遷下產量衝擊模擬

以DSSAT作物模式模擬推估，於世紀中時，北部區域約減產20%；於世紀末時，減產超過25%；新竹縣的水稻產量衝擊評估世紀中產量平均減少14%，至世紀末則減少23.6%。

#### 評估效益 探討調適有效性

- 透過2年試驗，旱田直播產量較低，但整體投入成本較低，因此與慣行方法收益相近
- 使用乾整地可節省前期用水且減少耕犁次數
- 省去育苗程序，減少人力投入，因應農村勞動力不足
- 啟動直播時間短，決策啟動更具機動性
- 發現旱田直播可能衍生問題(如田區平整度、雜草及鳥害管理等)，回調適操作完善技術

#### 測試 調適選項

生產者、農試所、災防科技中心綜合考量田間實務、農產專業、科學評估等因素，決定採取測試調適選項「栽種制度改變、旱田直播及雜糧轉作」

**傳統慣行播秧**

**栽種制度改變**

RCPS.5 世紀中 世紀末

### 調適構面 - 農業領域示範案例：耕作制度調整

氣候敏感部門：農業調適工具

TCCIP

#### 界定範圍 - 議題背景

- 水稻用水佔整體農業水資源使用約70%
- 桃竹地區一期作農業用水供給穩定性考量，一旦宣布休耕停供，則無法進行水稻種植
- 示範區地處石門灌區末端，灌溉水源變質處於弱勢

#### 檢視現況 - 產業關鍵現況

- 農村人口高齡化，勞動人力不足
- 前期育苗花費30-40天時間和大量人力，農事安排有時無法搭配公告休耕日期，造成已生產之秧苗損失
- 休耕影響既有產業結構，代耕業者機具需求減少影響收入
- 休耕補助款項優先發放地主而非承租農戶

#### 綜整決策 - 調適選項擬定

- 生產者、農試所、災防科技中心綜合考量田間實務、農產專業、科學評估等因素，決定採取「栽種制度改變：旱田直播及雜糧轉作」調適選項測試

#### 評估風險 - 水稻危害衝擊模擬及生產生命週期評估

- 未來情境下產量衝擊模擬
  - 以DSSAT作物模式模擬推估，於世紀中時，北部區域約減產20%；於世紀末時，在北部達到減產超過25%；新竹縣的水稻產量衝擊評估世紀中產量平均減少14%，至世紀末則減少23.6%。
- 環境衝擊評估
  - 比較生產過程使用農機具使用情況，利用SimaPro評估水稻生產生命週期，探討傳統插秧與旱田直播在單位公頃面積下生產水稻造成環境衝擊之差異
  - 推測由於旱田直播方式中農機具使用時間較短，旱田直播降低約5%之環境衝擊

#### 推動執行 - 旱田直播效益分析

- 透過2年試驗結果，旱田直播產量較低，但整體投入成本較低，因此與慣行方法收益相近
- 使用乾整地可節省前期用水且減少耕犁次數
- 省去育苗程序，減少人力投入，因應農村勞動力不足
- 啟動直播時間短，決策啟動更具機動性
- 育苗改成種子前處理，育苗業者有轉型方向

#### 檢討修正 - 示範區回饋主管機關

- 示範區調適測試結果與經驗，彙編綜整以供外界參考
- 示範區農民後續由行政院農委會桃園區農業改良場協助，合作擴大進行候選灌溉品種測試及旱作栽培試驗
- 其他旱田直播技術之相關研究，行政院農委會臺中區農業改良場舉辦水稻直播技術觀摩會，推廣適用於中部地區水稻直播技術

#### Climate Change Service

TCCIP計畫在氣候資料與資訊服務的基礎上，加強氣候變遷知識與實務操作的研究，同時強化利害關係人溝通、進行多領域衝擊分析；將氣候科學服務為使用者導向，強調科學研究與實務應用的連結，藉由系統性架構，提供產官學研不同層面之氣候變遷服務資訊內容。

Website: [tccip.ncdr.nat.gov.tw](http://tccip.ncdr.nat.gov.tw) Facebook: TaiwanClimateChange  
 Contact: [tccip.office@ncdr.nat.gov.tw](mailto:tccip.office@ncdr.nat.gov.tw)

TCCIP MOST 科技部  
 臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台  
 Taiwan Climate Change Projection Information and Adaptation Knowledge Platform

Find out more

v202106\_01

# 農業調適案例媒體宣傳 – 天下雜誌採訪



如何面對熱島、缺水、極端氣候？

## 一朵蘭花背後的氣候戰爭

當台灣從亞熱帶變熱帶，史上最熱的夏天來臨，有一群人卻不向氣候變遷低頭，面對缺水，稻作改水田為旱田，再也不用跟科技搶水。只靠其堅韌不瀕危，如何培養適應者生存的能力？



為了因應缺水新常態，新竹青農劉政毅（前排右）發揮當地精神，整頓傳統灌溉用，稻子還是地長得又肥又壯，因為善用灌溉。



## 無水之稻 乾式稻作成功顛覆百年農法 他把水田變旱田 不用再跟竹科搶水

老天下雨，澆得和鄰居打地水用，是新竹水田的一大「罕事」。青農劉政毅推廣百年農法，用「看不慣」的乾式稻種旱田，成功克服缺水困境，讓稻作變遷不再成為阻力。

六月底，金盞色稻滿地，劉政毅的新新常態，邊種高科技，邊補防旱的稻作。他管理三〇公頃稻田的三十五歲青農劉政毅，是青農中最大的代耕業者。他家種上級者「青田有功」的匾額，因為父親劉政能曾是他青田山心農人「我今年幾歲，爸

爹就種了幾年稻」他笑說。但與父親最大不同是，他的稻不怕缺水。

大旱逼出無水之稻  
「想到種田，雖不開「綠田」的印象，稻穀經過四五天育苗，片片移到田裡，再用人來灌溉，創造不靠灌溉的旱田景觀。

但劉政毅卻從去年開始試驗旱田直接播種，放眼看去還是乾土，但兩週長出小麥兩、三枝，還分不清楚是乾土還是旱田。

為何他敢做旱田青農？  
時間回到二〇一五年初，那年台灣降下十年大旱，超過四、五萬公頃一期稻作被強行停播。劉家約地只剩十公頃還在播種，停播補助

感謝聆聽  
敬請指教

---

