

應用作物模式分析氣候變遷對食用玉米生產的可能衝擊

陳柱中、王家偉、戴宏宇、林毓雯

行政院農業委員會農業試驗所

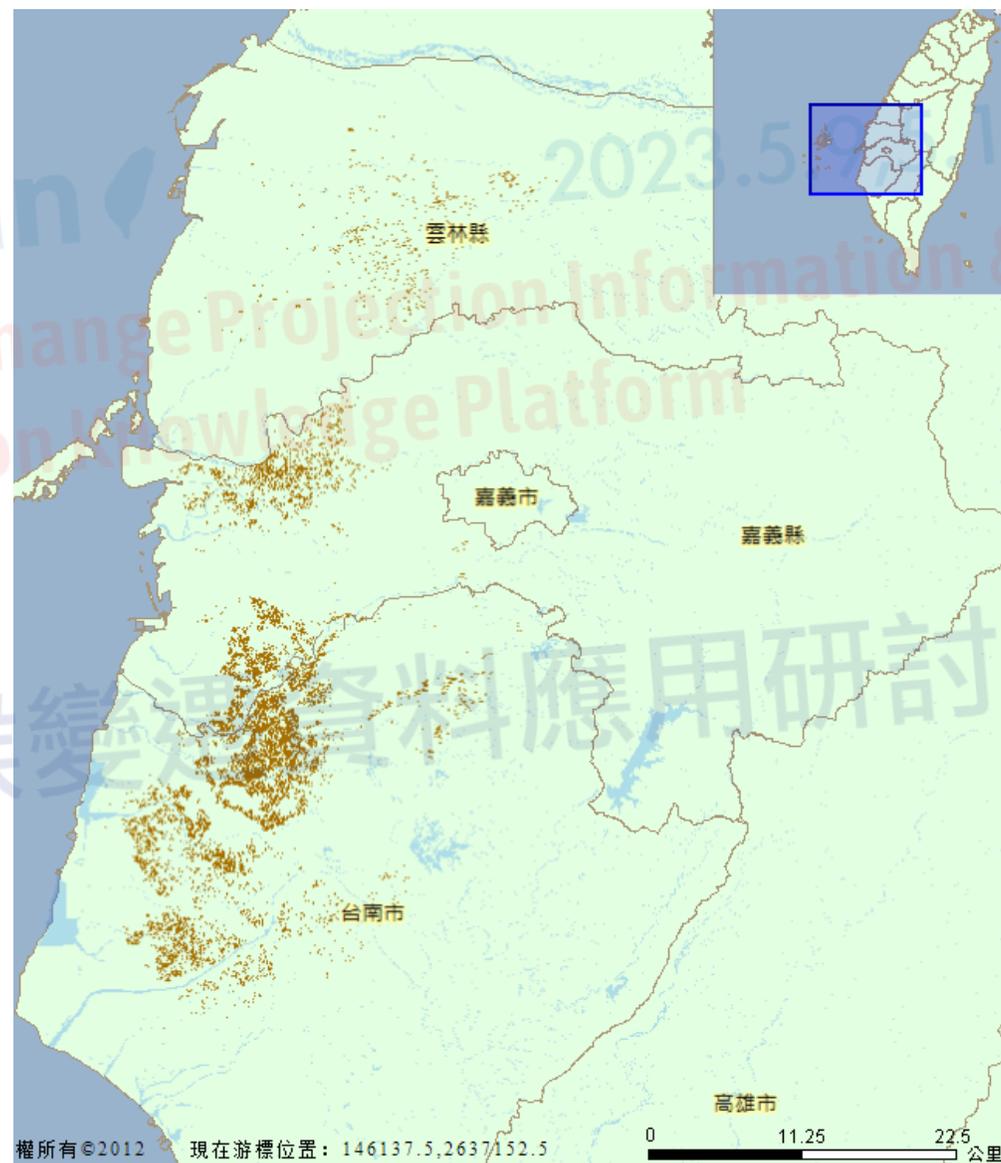
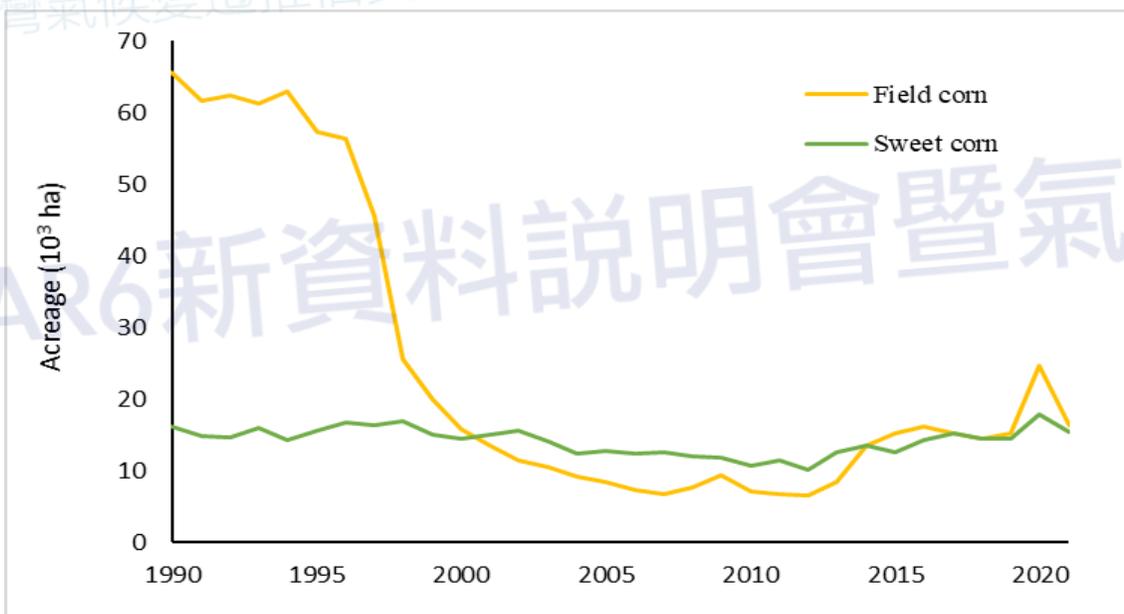
ccchen@tari.gov.tw



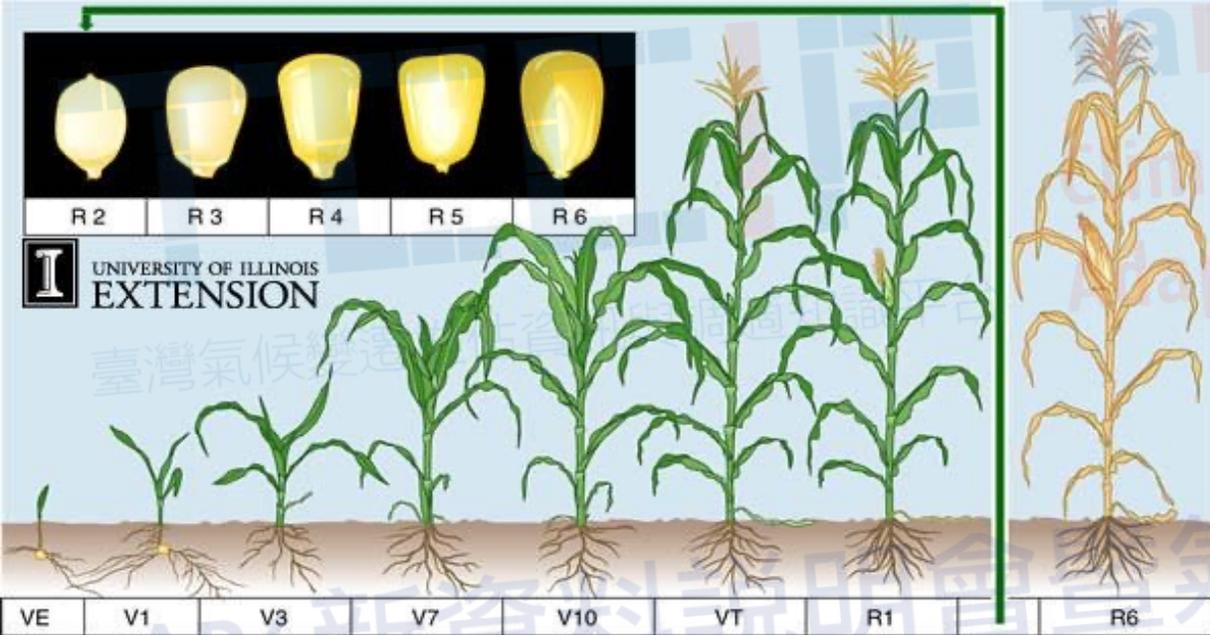
玉米栽培情形

- 近年來栽培面積約3.1萬公頃
 - 食用玉米 – 1.5 萬公頃
 - 硬質玉米 – 1.6 萬公頃

主要的生產區域集中於中部與南部區域



玉米生長重要時期



月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
生長階段	充實	幼苗	輪生	開花	籽粒充實				幼苗	輪生	開花	籽粒
高溫					●	●						
低溫	●	●									●	●
大雨				●	●	●						
颱風							●	●	●			

高溫：氣溫 > 35 °C (開花吐絲期)、氣溫 > 37 °C

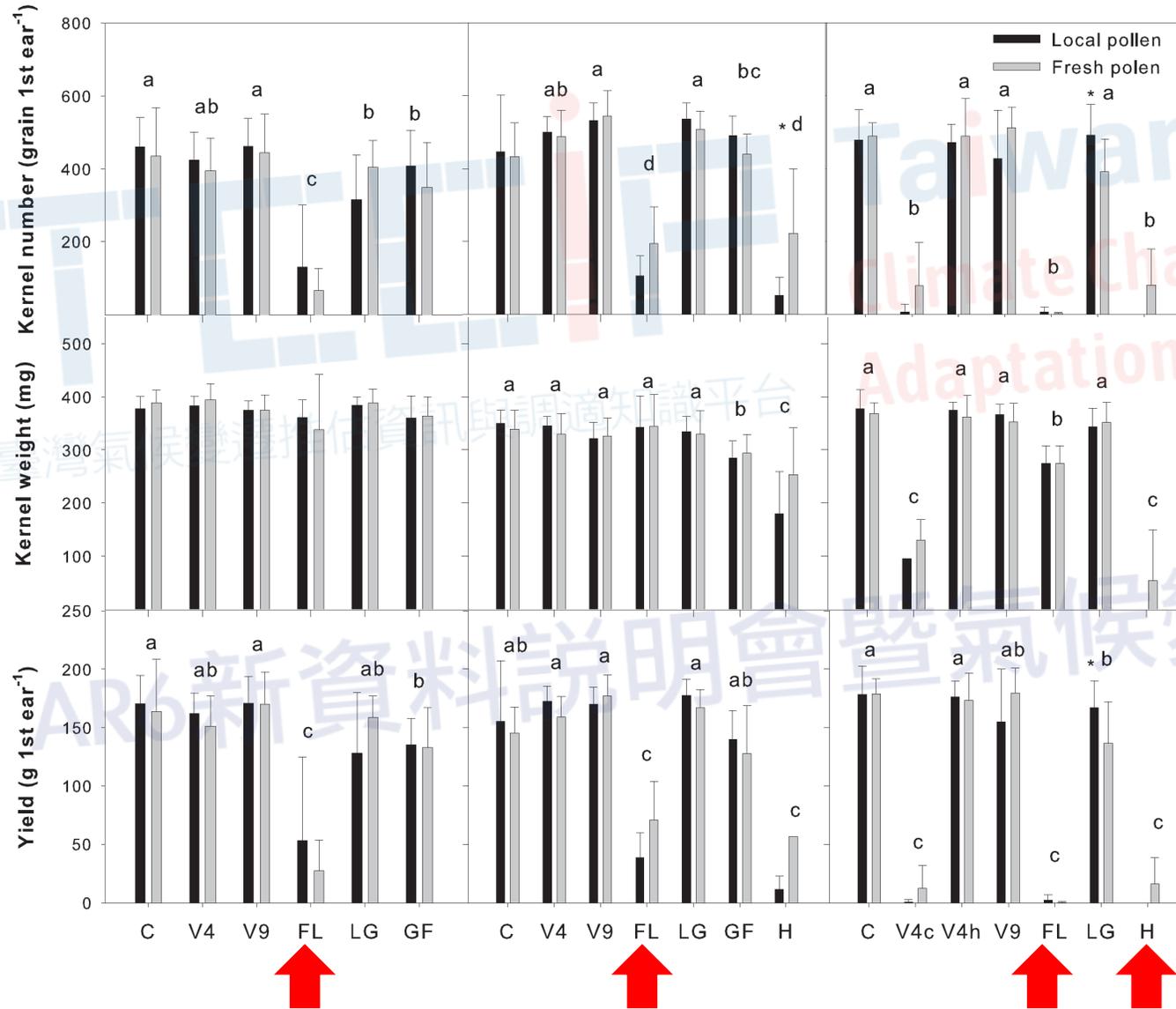
低溫：氣溫 ≤ 15°C

大雨：日雨量 ≥ 200mm

https://corn.ucanr.edu/Crop_Development/

https://disaster.tari.gov.tw/ARI/public/crop_disaster

作物對氣象因子的敏感度隨著生育期而不同



當開花吐絲期 (FL) 遭受高溫(35 °C) 影響時籽粒數、產量即有明顯的減少

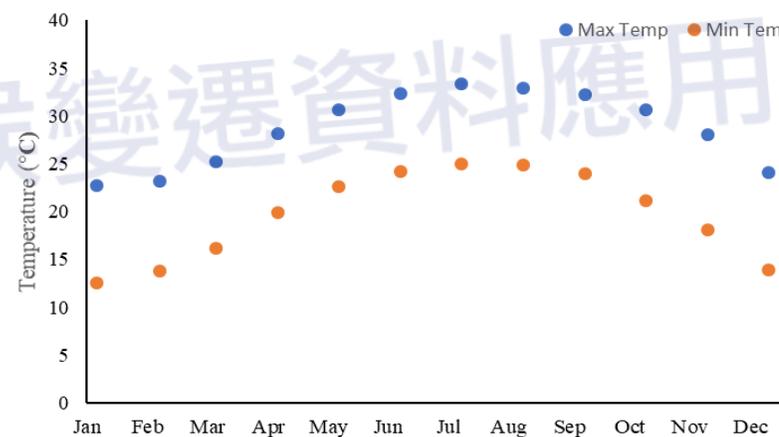
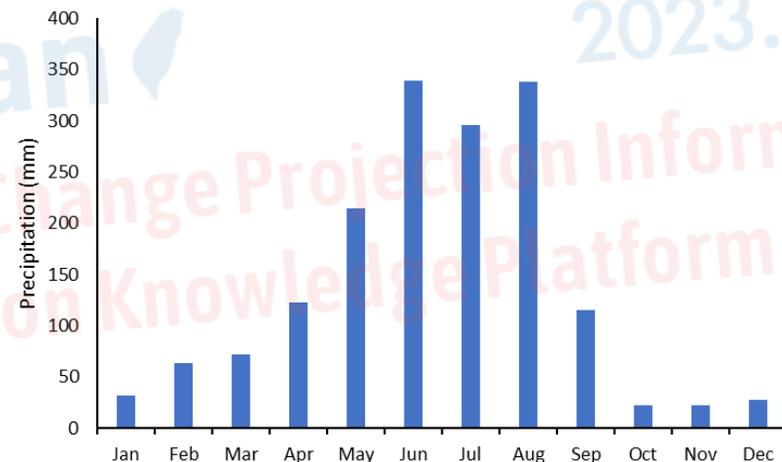
在營養生長期(V)、籽粒充實期(GF) 高溫對於籽粒產量無顯著影響

常見的氣象逆境

致災項目	月份	部位	災害情形	預警條件
高溫	7, 8, 9	果實	授粉不良；呼吸作用增加產量減少	氣溫 > 35°C
低溫寒害	1, 2, 11, 12	芽、花粉	種子萌發率下降， 幼苗枯萎， 雄穗分枝減少、花粉粒減少、花粉活性下降	氣溫 ≤ 15°C
豪雨	4, 5, 6	根、葉	根系腐爛， 葉片黃化捲曲、萎凋， 植株矮化。	日雨量 ≥ 200mm 種子浸水 > 24小時
颱風	7, 8, 9	根、莖、葉	枝葉斷損、倒伏， 積水造成根系受損。	最大平均風速 > 8.5 m/s 或瞬間風速 > 15 m/s 日雨量 ≥ 200mm

玉米栽培現況與挑戰

- 主要栽培期作
 - 春作：二月至六月
 - 秋作：九月至十二月
 - 現行的春秋作避開高溫與強降雨
- 氣候變遷對春作/秋作的影響為何？

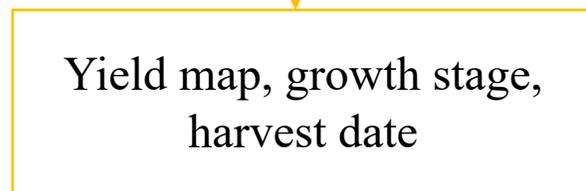
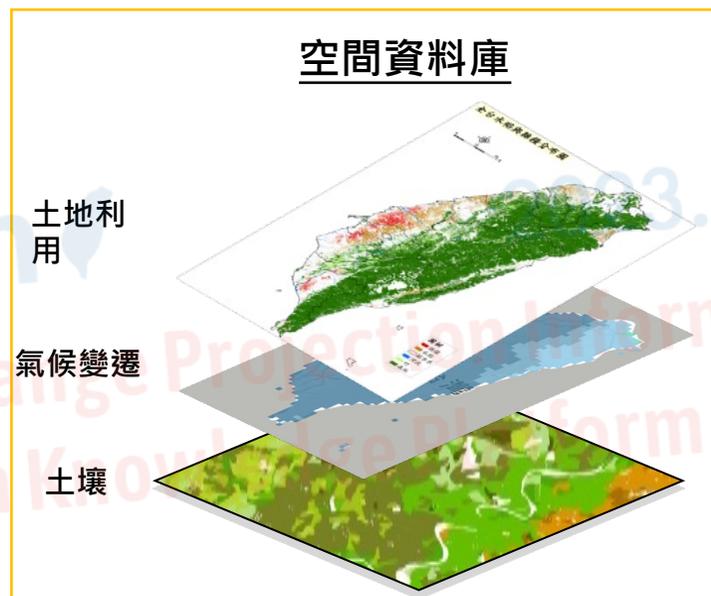


春作

秋作

目標

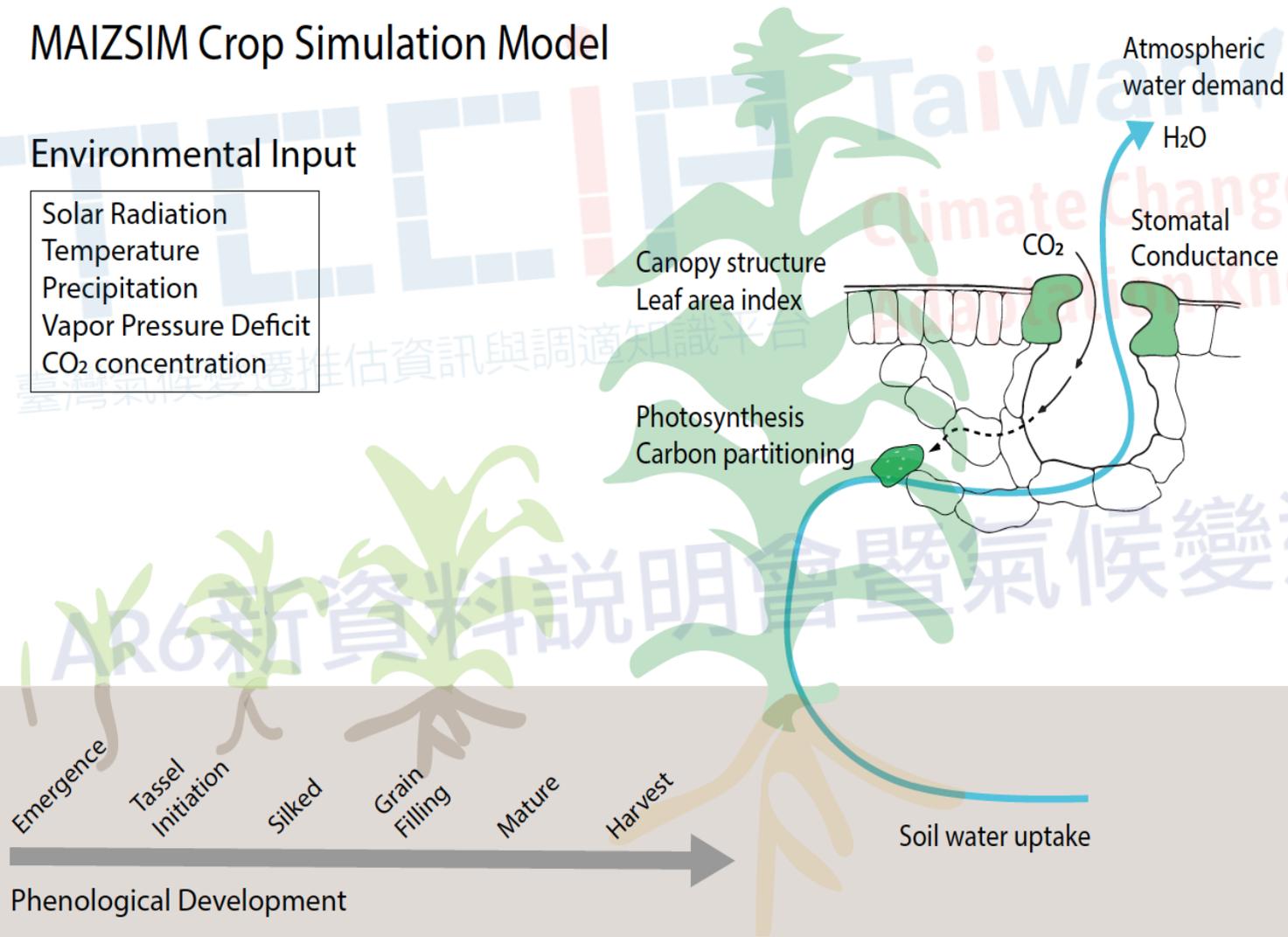
- 進行模式本土化驗證
 - 應用田間觀查資料評估模式應用性
- 應用作物模式評估氣候變遷情境產量變化
 - 將氣候變遷的氣象資料視為未來情境，分析目前栽培情形在近未來不同年代 2030、2040、2050，可能會碰到的衝擊與產量反應



MAZSIM Crop Simulation Model

Environmental Input

- Solar Radiation
- Temperature
- Precipitation
- Vapor Pressure Deficit
- CO₂ concentration



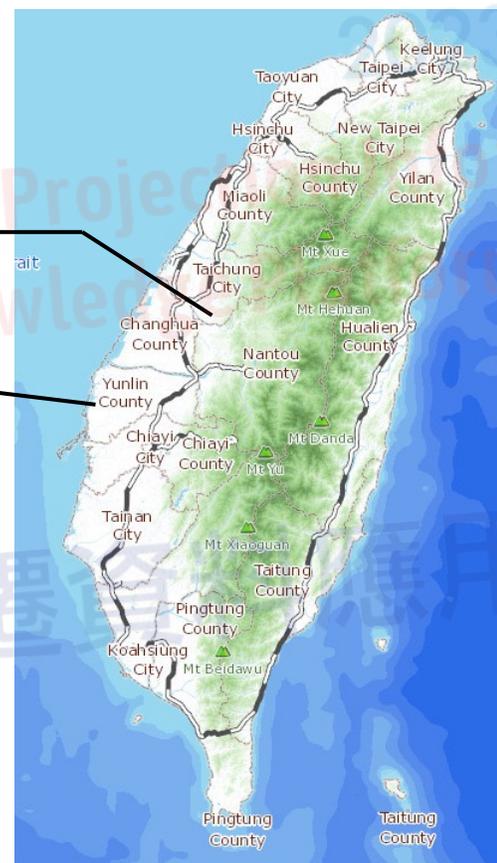
- ✓ Process based simulation model for corn
- ✓ Coupling with 2D soil model to simulate the energy and mass balance in soil-plant-atmosphere continuum

食用玉米現地資料

- 品種：華珍
- 2個區域
 - 台中霧峰 (2017, 2020)
 - 雲林北港 (2018, 2019)
- 調查項目：
 - 生育期：葉尖、葉齡、開花、吐絲、收穫期(R3)、生理成熟期
 - 葉面積、乾重(葉、莖、穗實、籽粒、苞葉、穗軸)

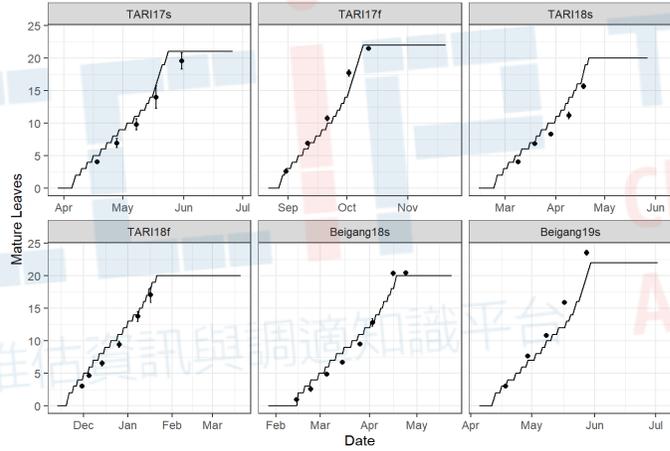
台中霧峰

雲林北港

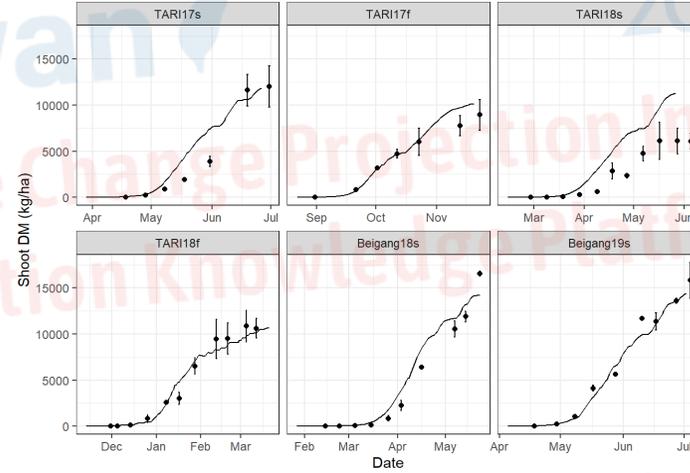


模式驗證

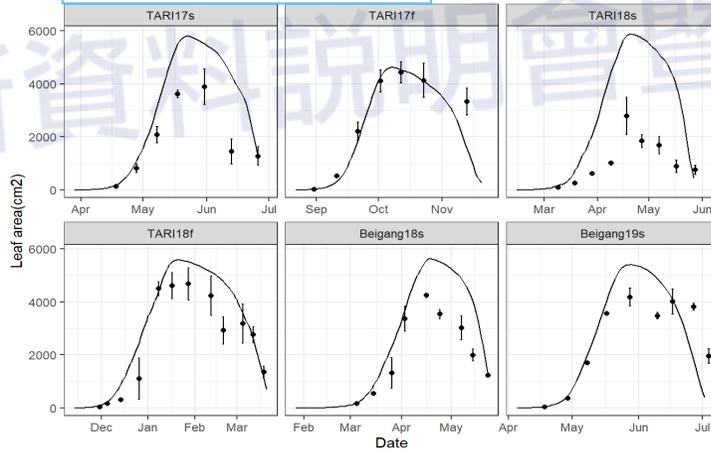
葉齡



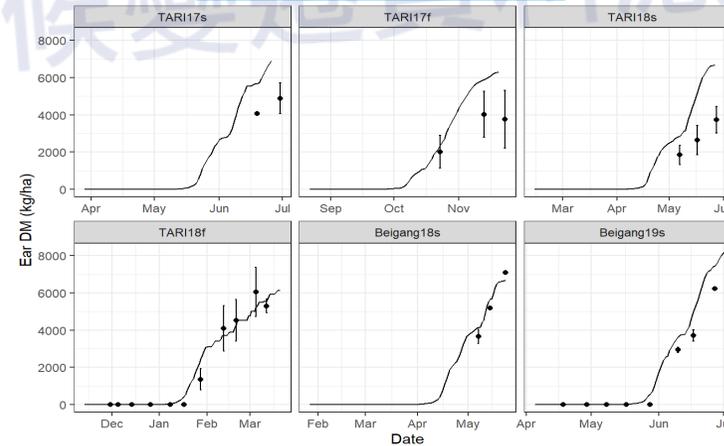
地上部乾重



葉面積



穗乾重

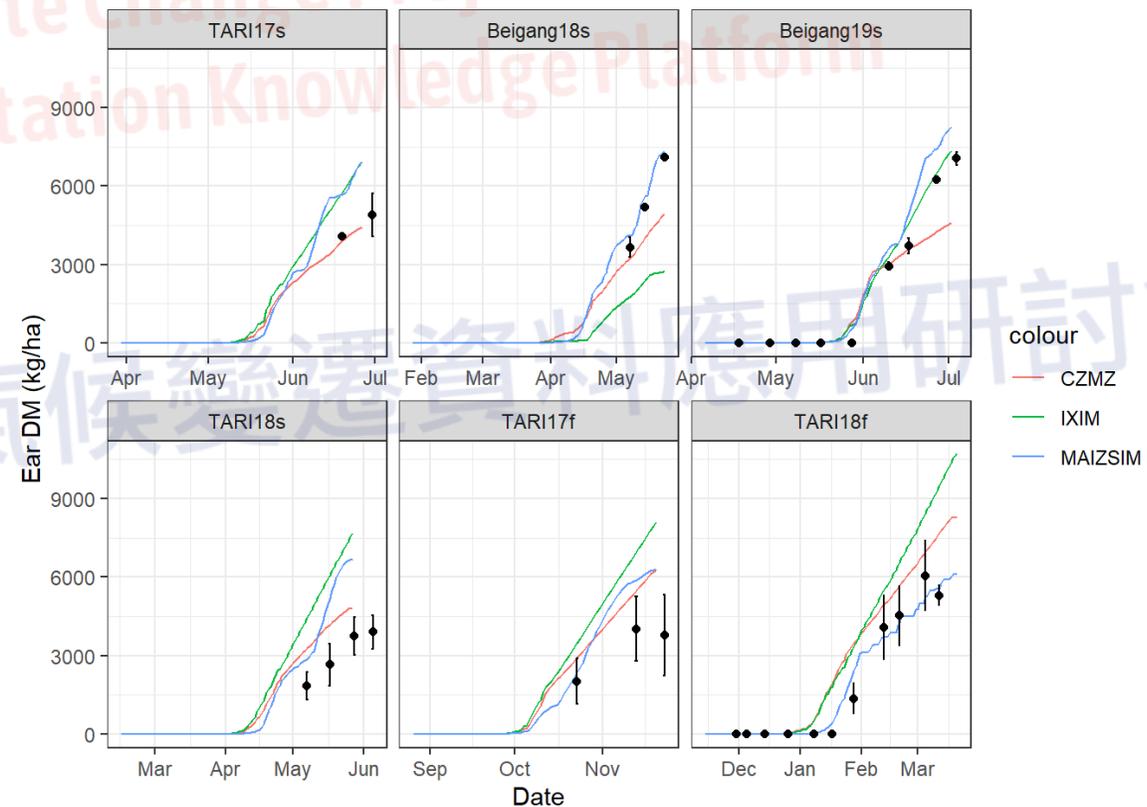
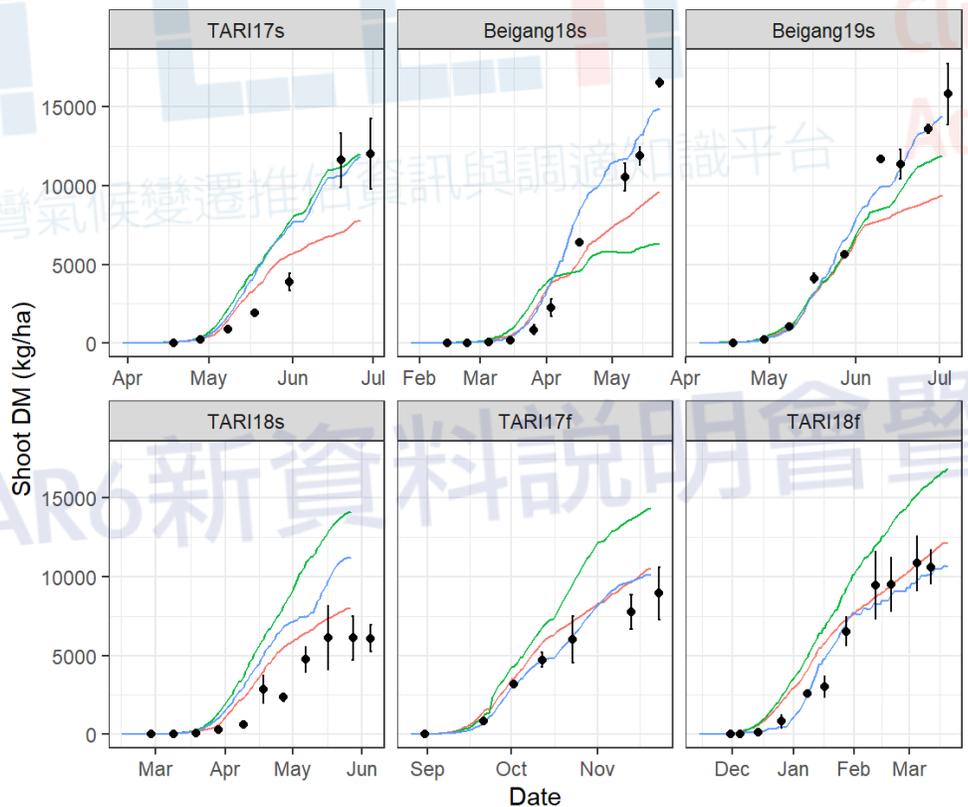


玉米生長模式比較 - MAZSIM、CERES-MAIZE、CSM-IXIM

2023.5.9,5.10

地上部乾重

穗乾重

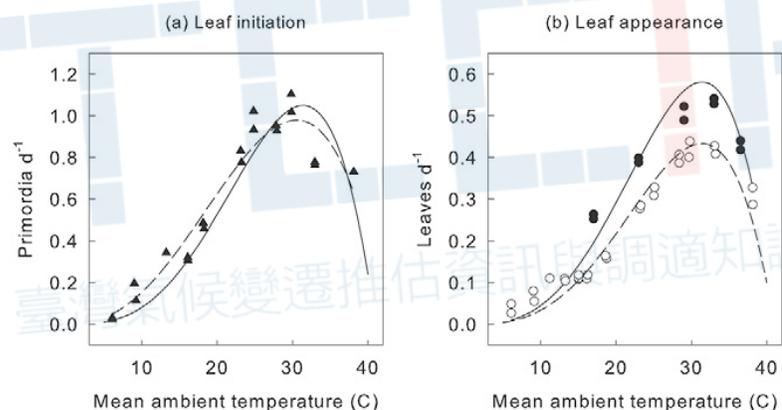


colour
— CZMZ
— IXIM
— MAZSIM

Taiwan
Climate Change Projection Information & Adaptation Knowledge Platform
臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台
AR6新資料說明會暨氣候變遷資料應用研討會

Q1: 未來情境下在敏感時期 (開花吐絲期) 遭受高溫的機率

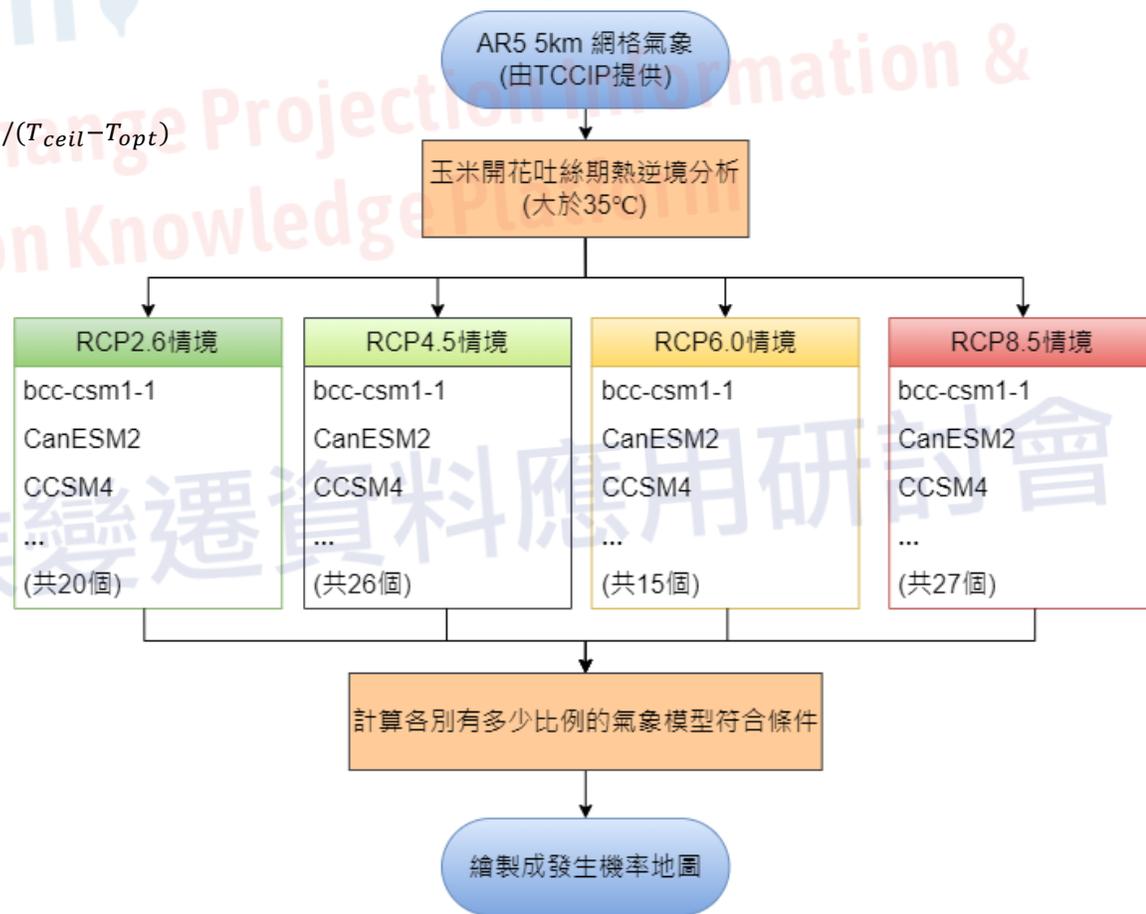
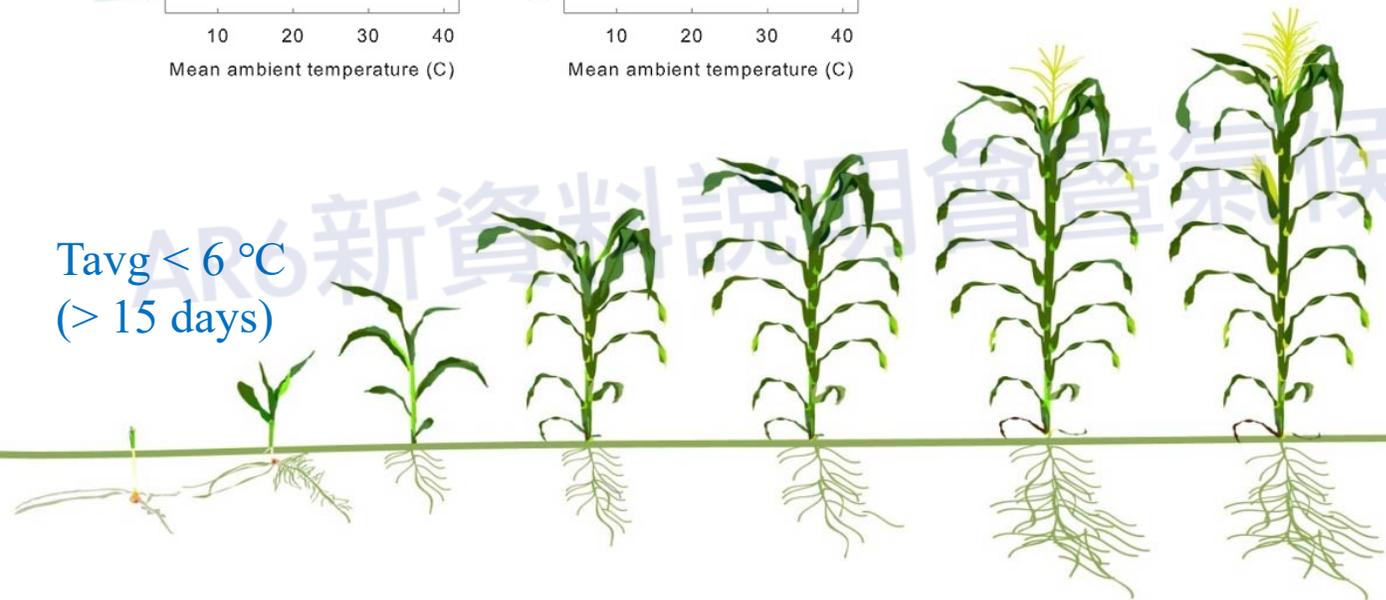
2023.5.9, 5.10



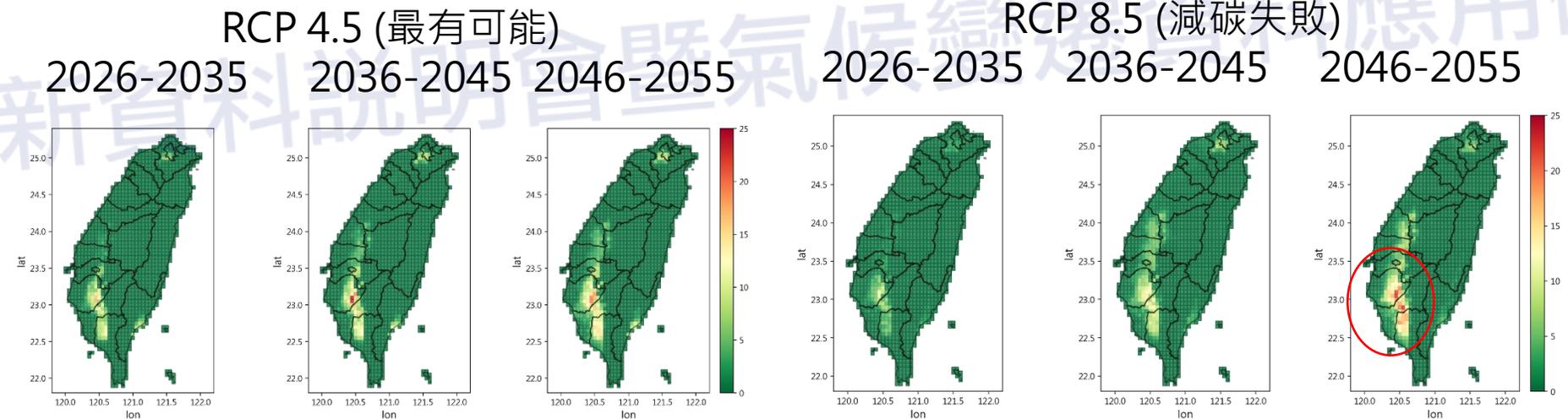
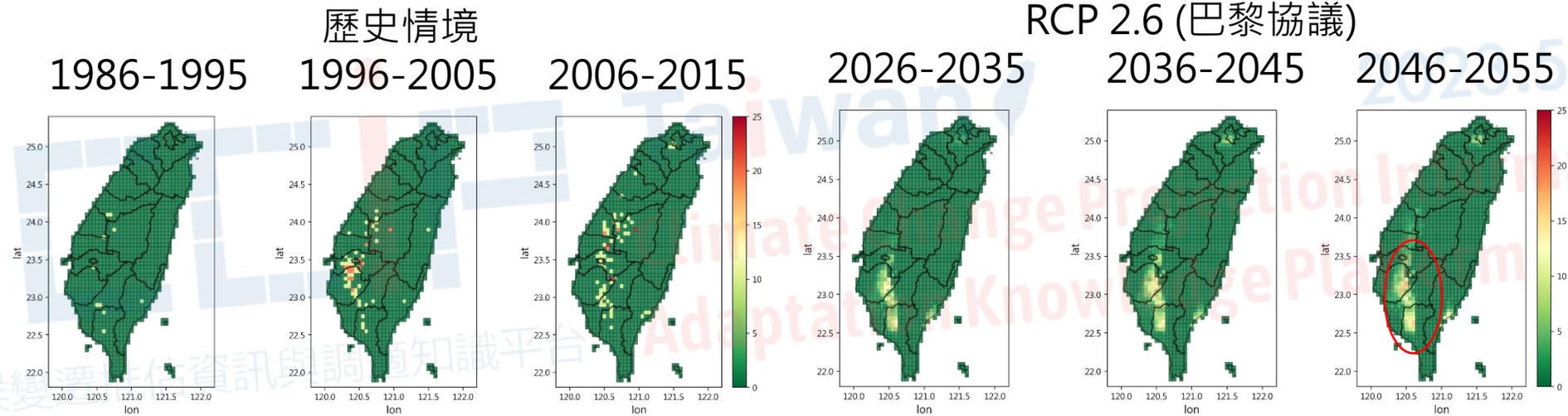
$$r(T) = R_{max} \left(\frac{T_{ceil} - T}{T_{ceil} - T_{opt}} \right) \left(\frac{T}{T_{opt}} \right)^{T_{opt} / (T_{ceil} - T_{opt})}$$

$T_{max} > 35^{\circ}C$

$T_{avg} < 6^{\circ}C$
(> 15 days)



不同碳排情境比較 – 春作玉米熱逆境分析



Q2: 未來情境玉米產量相對變化量

✓ 溫度、降雨量

- TCCIP - 5 公里網格日資料
- RCP 4.5
- 3 GCM: bcc-csm1-1, canESM2, CCSM4

✓ 日射量

- 網格化衛星日射量資料

✓ 相對溼度、風速

- 歷史氣候重建資料

✓ 模擬方式

- 春作/秋作
- 氮施用量160 kg/ha
- 每15天參考降雨量設定灌溉，每期作灌溉水+降雨量 > 180 mm
- 2020(基期年), 2030, 2040, 2050

✓ 產量計算

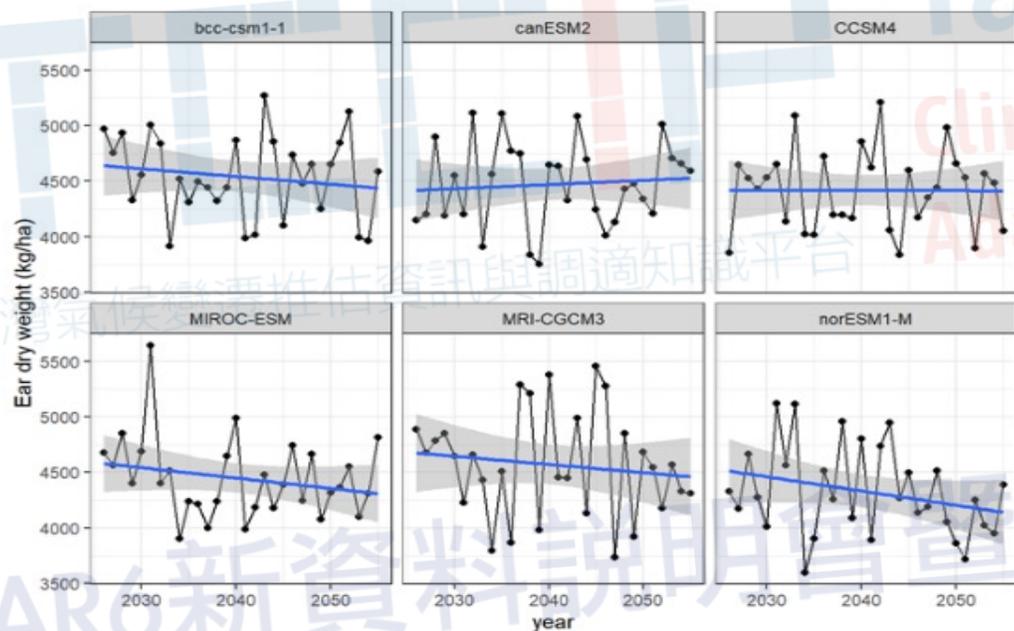
- $(Yield_{20X0} - Yield_{2020}) / Yield_{2020}$

2023.5.9, 5.10

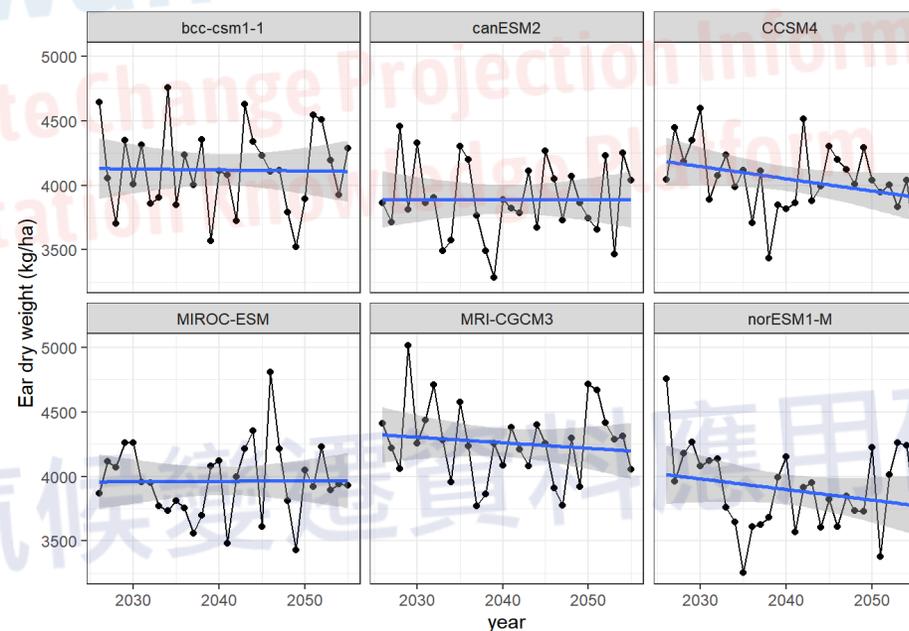
Taiwan
Climate Change Projection Information & Adaptation Knowledge Platform
臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台
AKO新資料說明會暨氣候變遷資料應用研討會

產量變化並非隨著年度呈現簡單的線性變化

春作



秋作



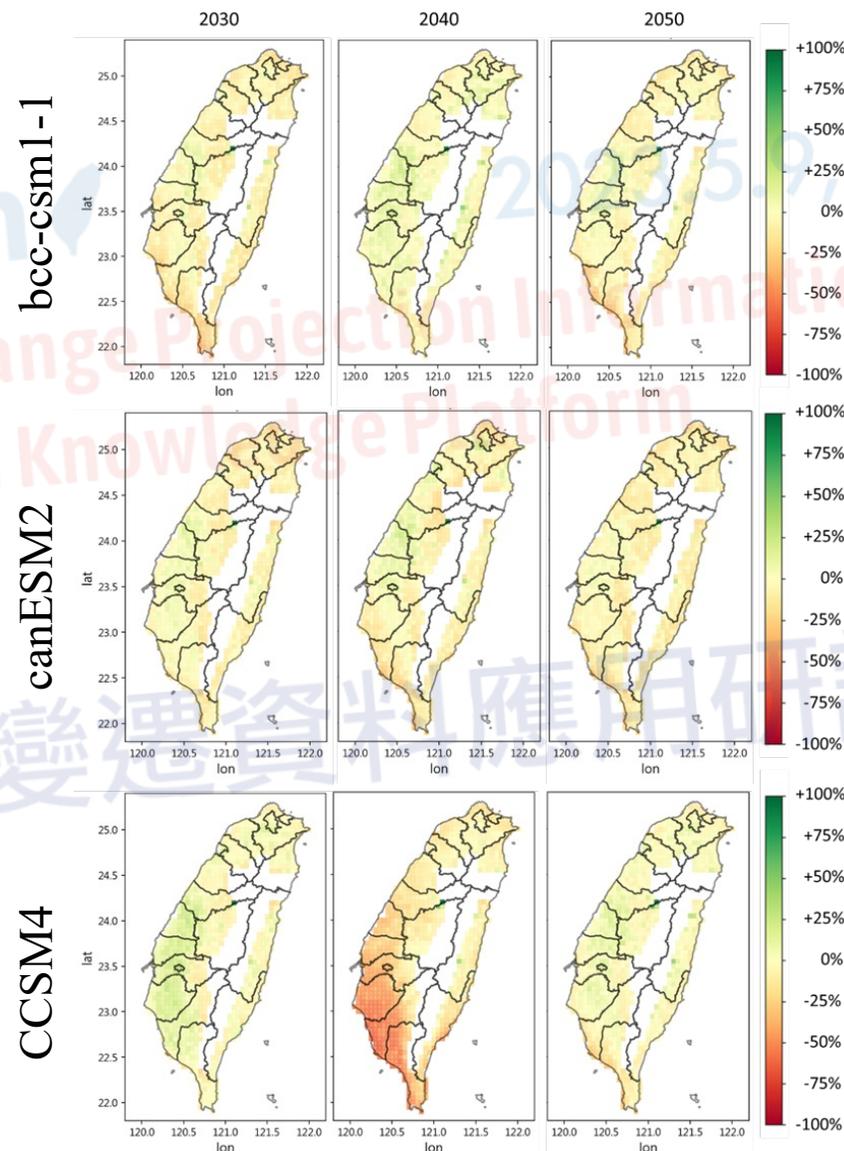
從 2030 到 2050

- 春作：產量降低約 1-7 %
- 秋作：產量下降1-5%

春作食用玉米產量

- ✓ 大部分的氣象模型，產量均有降低的趨勢
 - 不利的情形下(CCSM4 2040)南部地區減少33%
- ✓ 生育後期高溫為主要障礙

	北部	中部	南部	東部
2030	-14%	3%	2%	-3%
2040	-13%	-2%	-13%	-6%
2050	-13%	1%	-3%	-5%

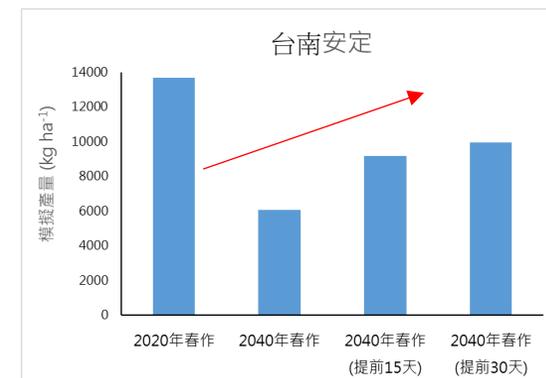
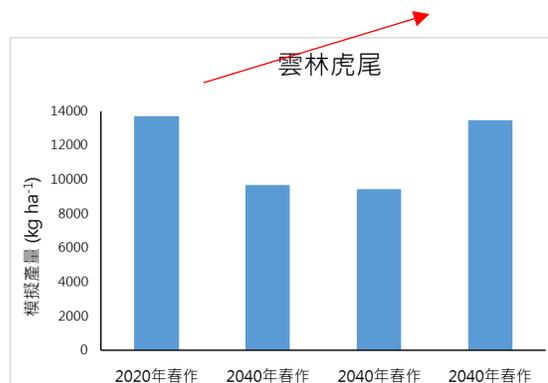
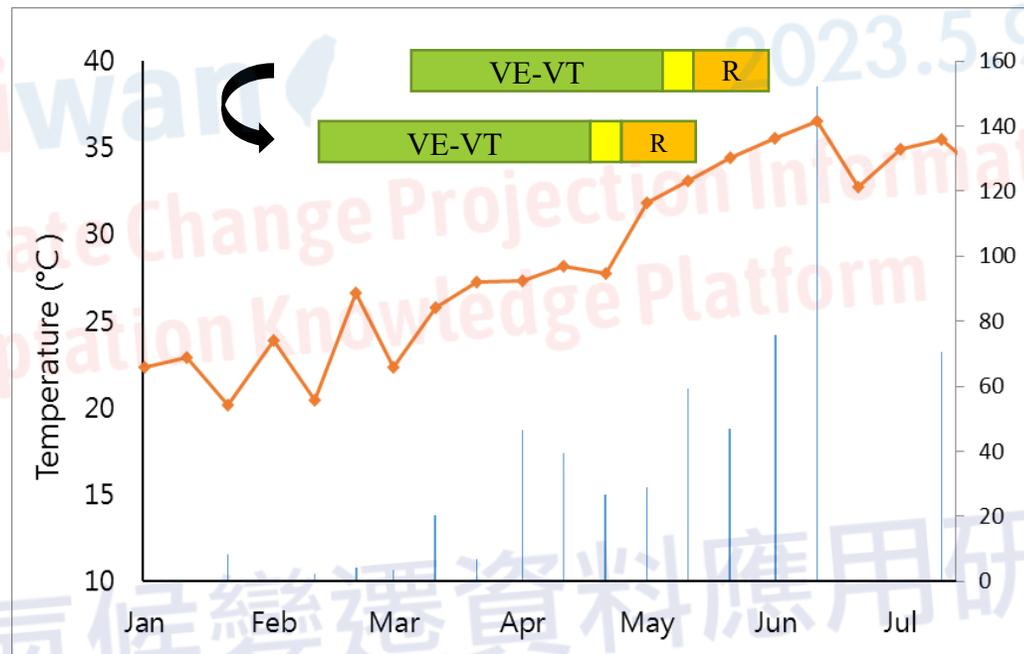
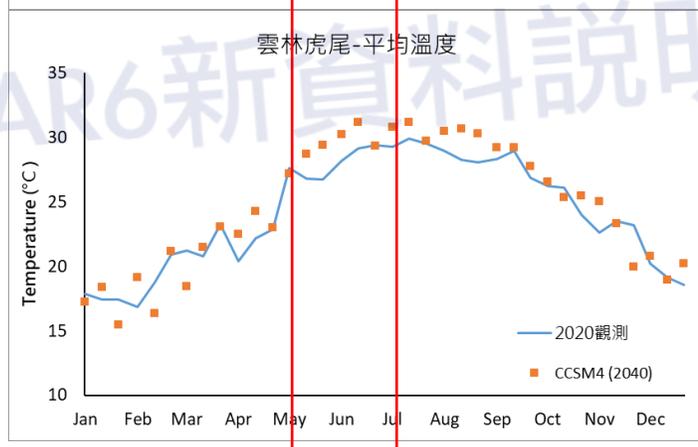


春作高溫 – 調整產期的效益

CCSM4 (2040) 作為春作高溫情境

- 5-6月溫度較基期年 (2020) 高1.3-2°C

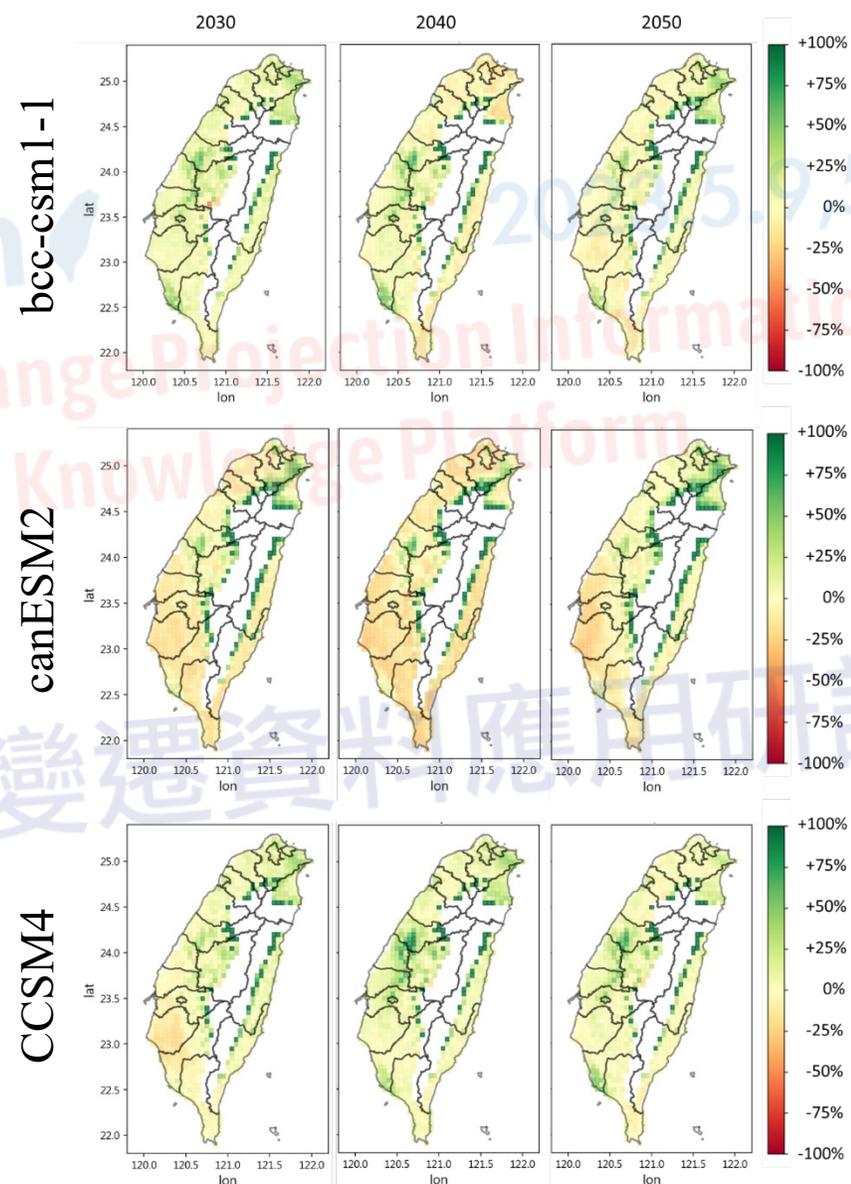
提前播種避開生長後期高溫



秋作食用玉米產量變化

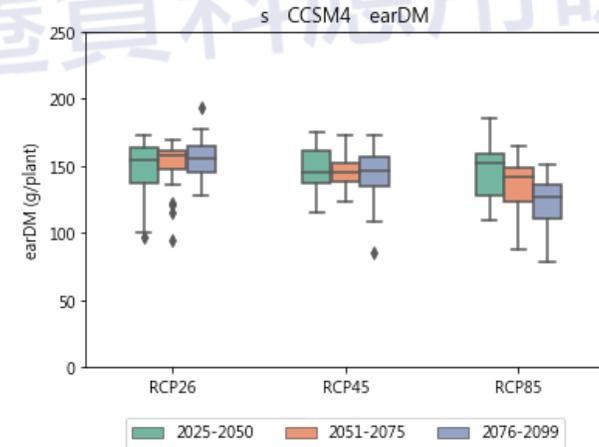
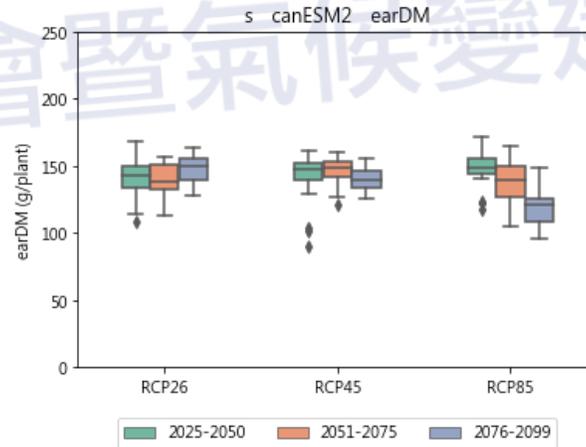
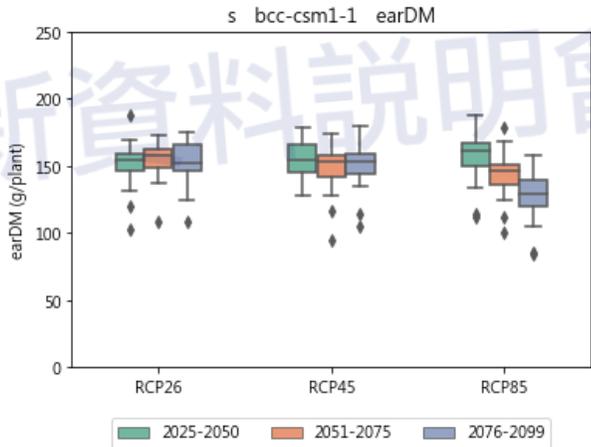
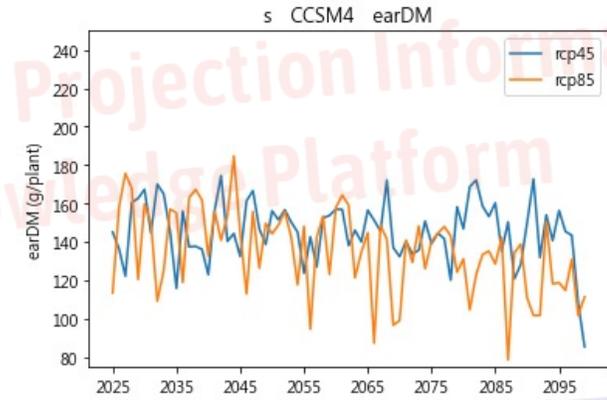
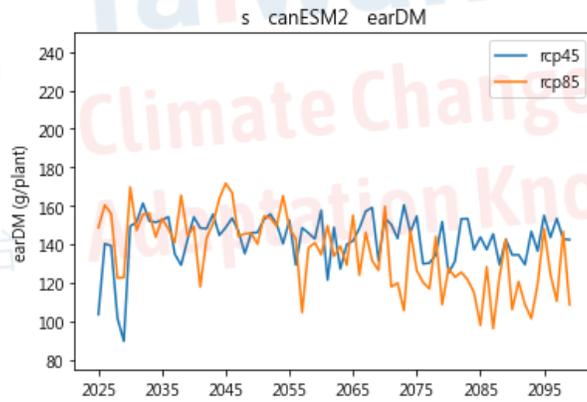
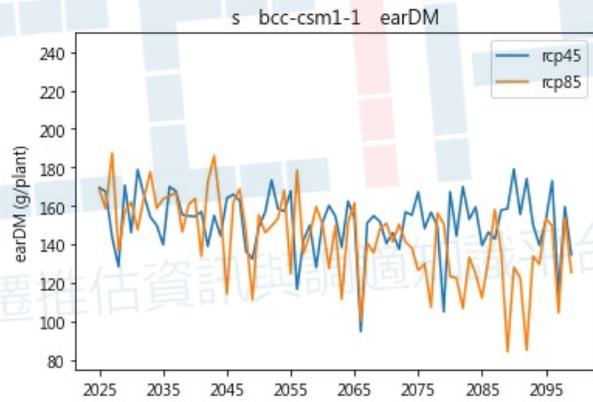
- ✓ 中部、北部秋作產量有增加的趨勢
- ✓ 大部分的氣象情境下秋作產量有升高趨勢
- ✓ 雲嘉以北的地區有機會擴大面積

	北部	中部	南部	東部
2030	11%	11%	-3%	9%
2040	0%	15%	1%	3%
2050	8%	11%	-2%	8%



不同碳排情境的變化 – 以雲林虎尾春作為例

- 在世紀中以後，高碳排情境(RCP 8.5)減產幅度尤其明顯



2023.5.9,5.10

臺灣氣候變遷推估資訊與諮詢平台

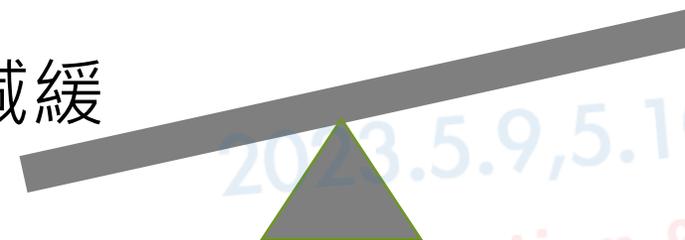
Taiwan
Climate Change Projection Information &
Adaptation Knowledge Platform

AR6新資料說明會暨氣候變遷資料應用研討會

結論

調適

減緩



- 世紀中以後，不同碳排情境(RCP 8.5、RCP4.5) 產量差異逐步擴大，如果減排的目標無法達成時，勢必投入更多的資源在調適策略當中。
- 春作與秋作
 - 春作：北部區域有減產之趨勢，中部、南部與東部區域未來情境依據氣象情境的不同可能略為增產或減產。
 - 秋作：中部與北部秋作產量有增加的趨勢，南部區域的產量變化則依據情境的不同而有不同的變化趨勢。
- 提前春作播種期避開生育後期高溫能有效避免升溫情境的影響，但這也表示適栽期有變短的趨勢。



2023.5.9,5.10

AR6新

謝謝聆聽