

多模式氣象資料應用於農業領域衝擊 與調適策略共效益分析

共同主持人：農業試驗所 陳柱中、姚銘輝

協同研究人員：國家災害防救科技中心 徐永衡

團隊研究人員：顏瑋利、王家偉



相互影響的氣候與環境



氣候影響
作物生產

DSSAT產量推估工具



田間栽培影
響氣候環境

DNDC環境衝擊評估工具

規劃栽培制度、調整耕作日期

國家科學及技術委員會、環境部《國家氣候變遷科學報告 2024》

過去 110 年均溫上升約 1.6°C；高排放情境下，世紀末乾季降雨減少 10-15%，最大一日降雨強度增加 28.6%。

高溫、乾旱與強降雨衝擊作物產量，稻田湛水釋放甲烷、施肥產生氧化亞氮，田間管理的方式也影響氣候。

前期計畫 - 旱田直播



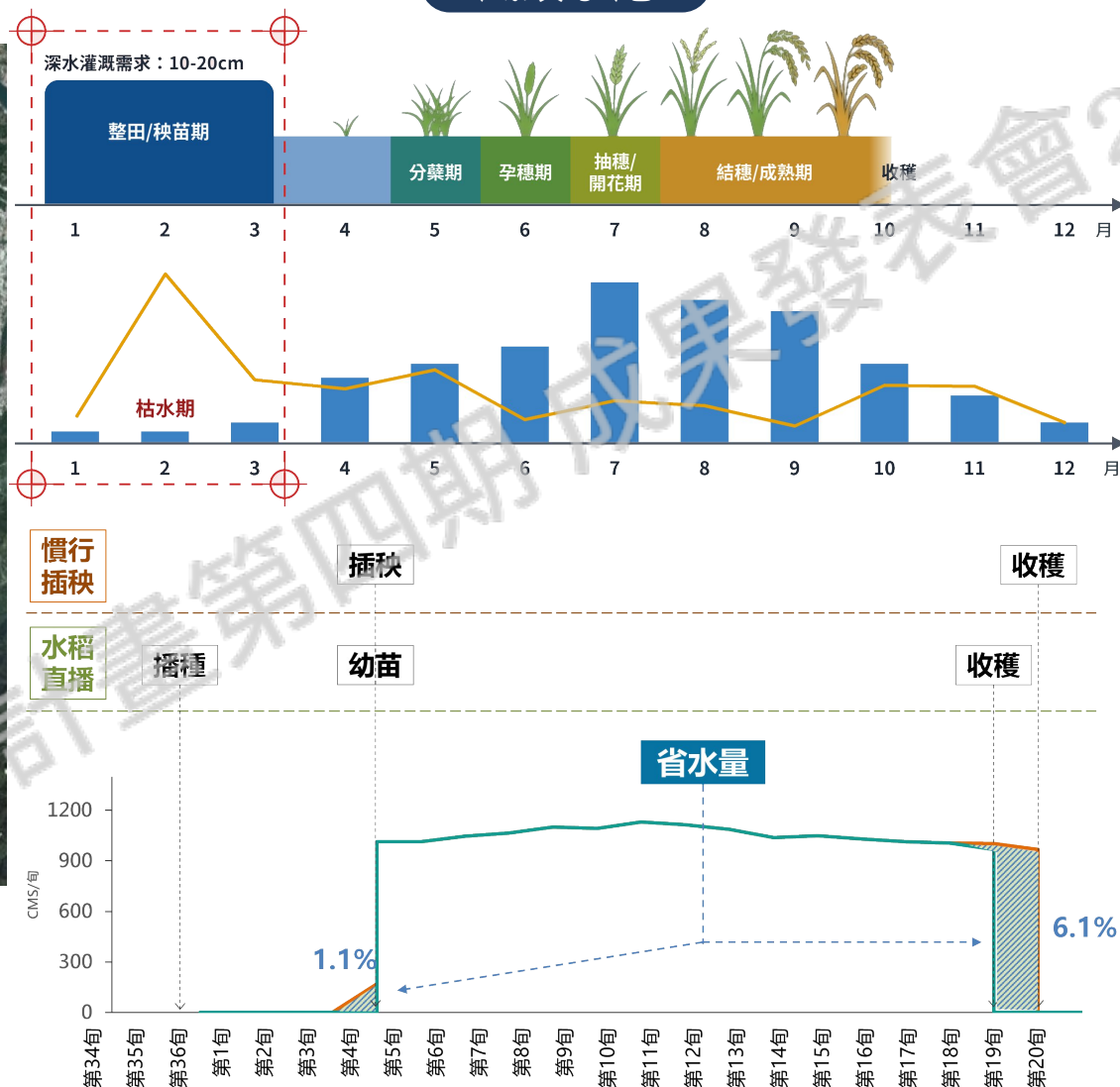
示範區地點

新竹縣新豐鄉
水稻示範田區

石門水庫

福衛五號衛星影像

風頭水尾



1. 示範區地點

位於石門灌區的末端，一期作的農業用水供給不穩定。

2. 風頭水尾

風頭水尾的劣勢與枯水期降雨分配不均，導致農業灌溉水源競爭處於弱勢。

省水效益估算(2019)

分別占一期作總用水量

1.1%

整田期免湛水(第4旬)

6.1%

提早收割(第19旬)

旱田直播 - 共效益分析



慣行栽培

CH₄

湛水缺氧環境，甲烷生成量大

CH₄ 118

N₂O 0.05

優點

- 產量高
- 耕作方式較容易接受

缺點

- 需大量水資源

旱田直播

CH₄ 減少70%

甲烷大幅減少，但氧化亞氮上升

CH₄ 35

N₂O 0.56

優點

- 無須育苗、乾整地
- 前期需水量少

缺點

- 氧化亞氮排放量較高
- 鳥害、雜草管理困難
- 土面不平整，發芽不均

延後插秧(4月上旬)

CH₄ 增加30-50%

仍需淹田，甲烷不減反增

CH₄ 167

N₂O 0.07

優點

- 耕種方式與傳統插秧相同

缺點

- 需大量水資源
- 鳥害

旱田直播的甲烷減量大於氧化亞氮的增加，但氧化亞氮可能因施肥、土壤與氣象影響，改變栽培制度是否為最佳調適策略，仍有待更多的測試。

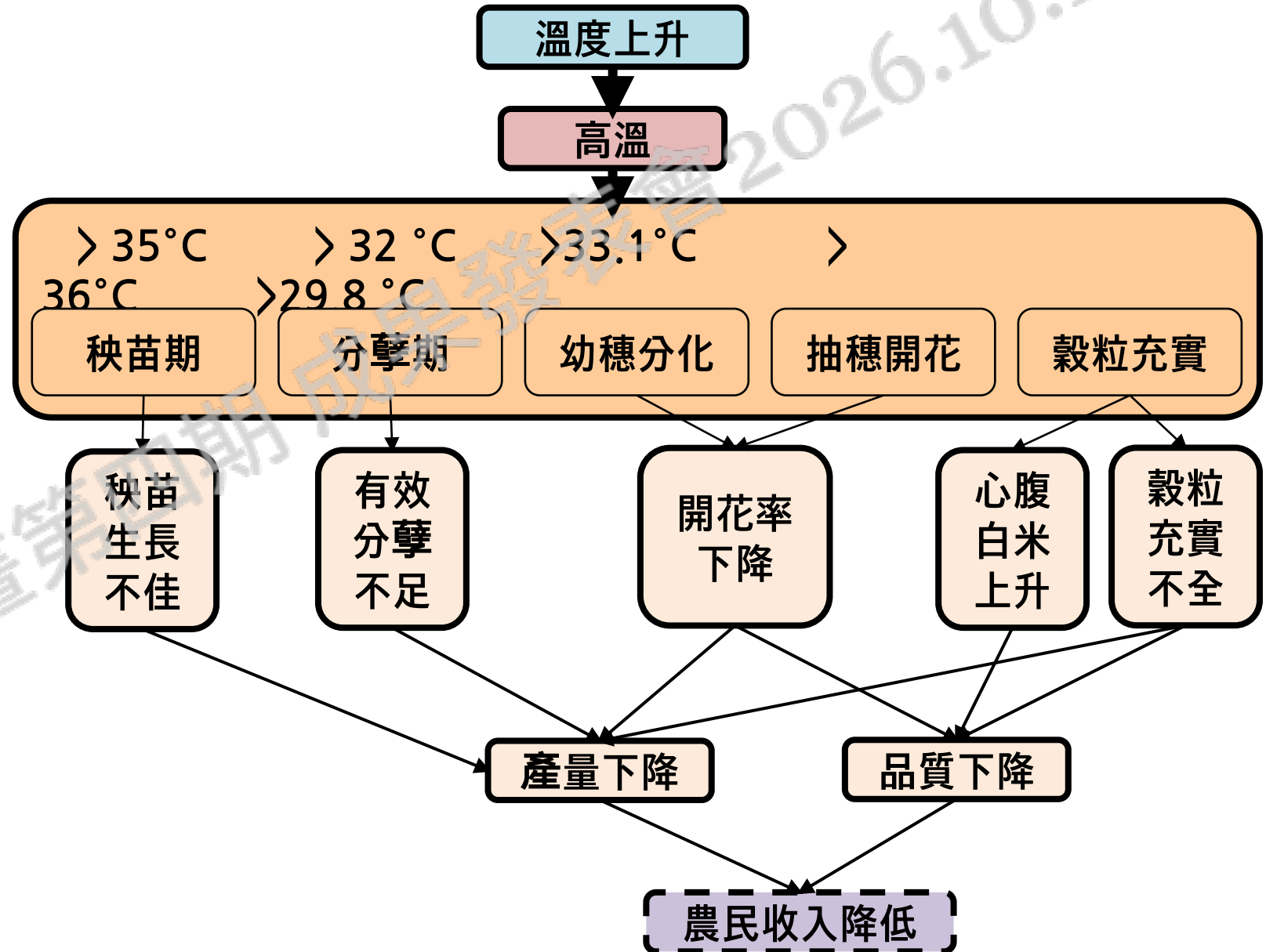
單位：kg/ha，長條為 2019-2020 年平均值，CH₄與N₂O刻度不同，黑色刻線 = 慣行栽培基準。

暴露度與脆弱度因生育期而異



作物敏感度與臨界溫度門檻值，皆因生育期而異。

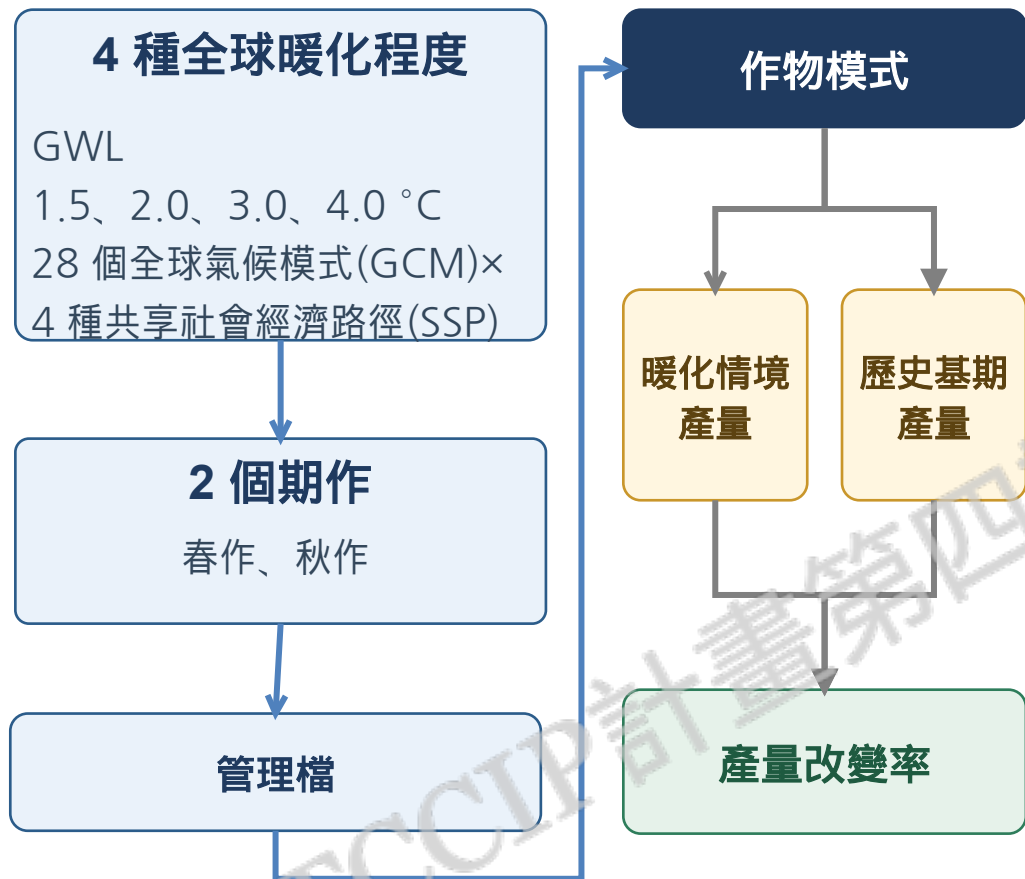
評估重點在於須分別考量各生育期的高溫狀況與作物反應，而非只看整季或全年平均氣溫。



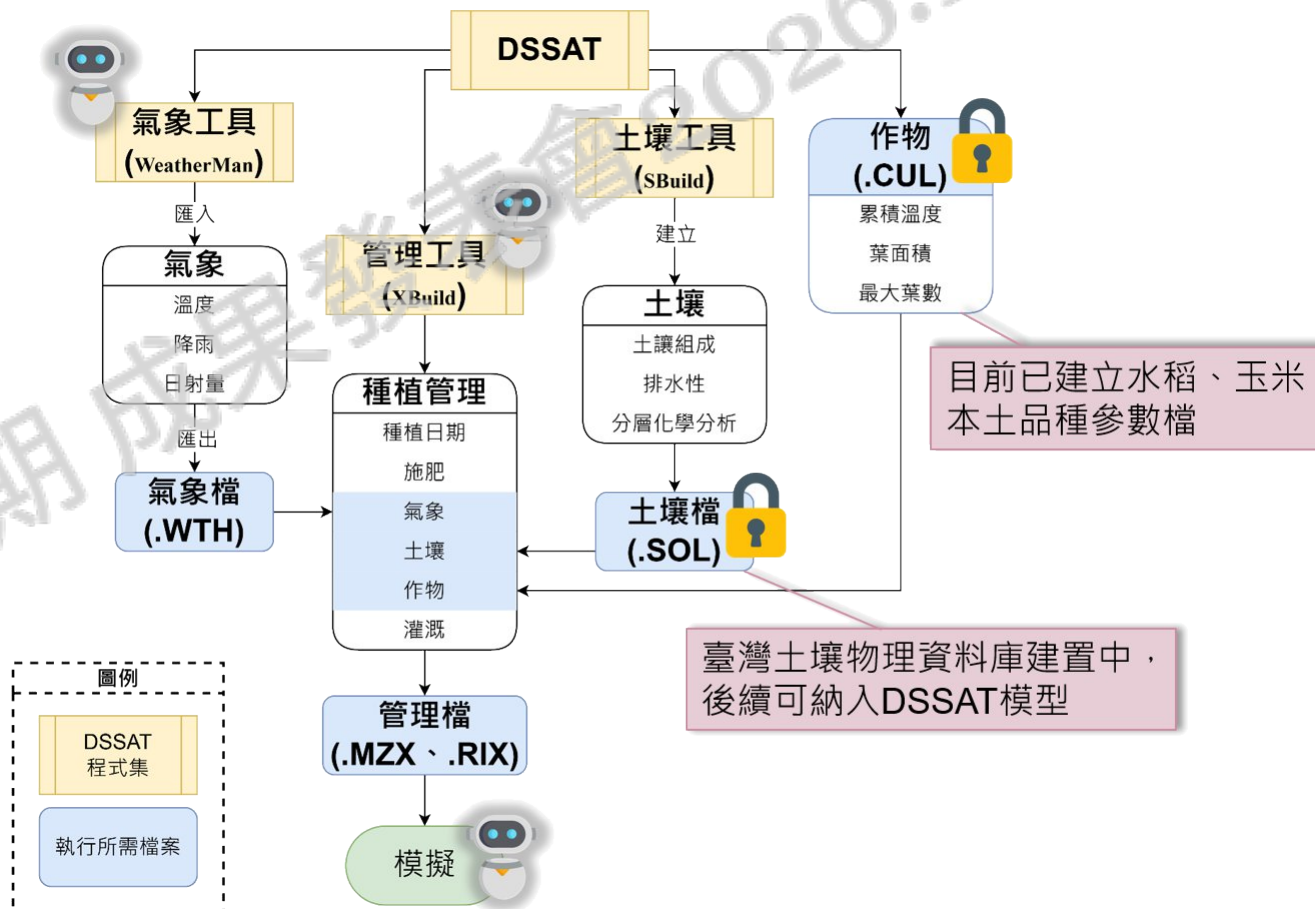
DSSAT作物模式模擬水稻與玉米產量



模擬流程



DSSAT批次模擬模組



模組模擬成效(與手動操作比較)

12 分鐘 → 11 秒
單次模擬，約快 65 倍

數天 → 2-5 分鐘
資料整理，免人工剪貼

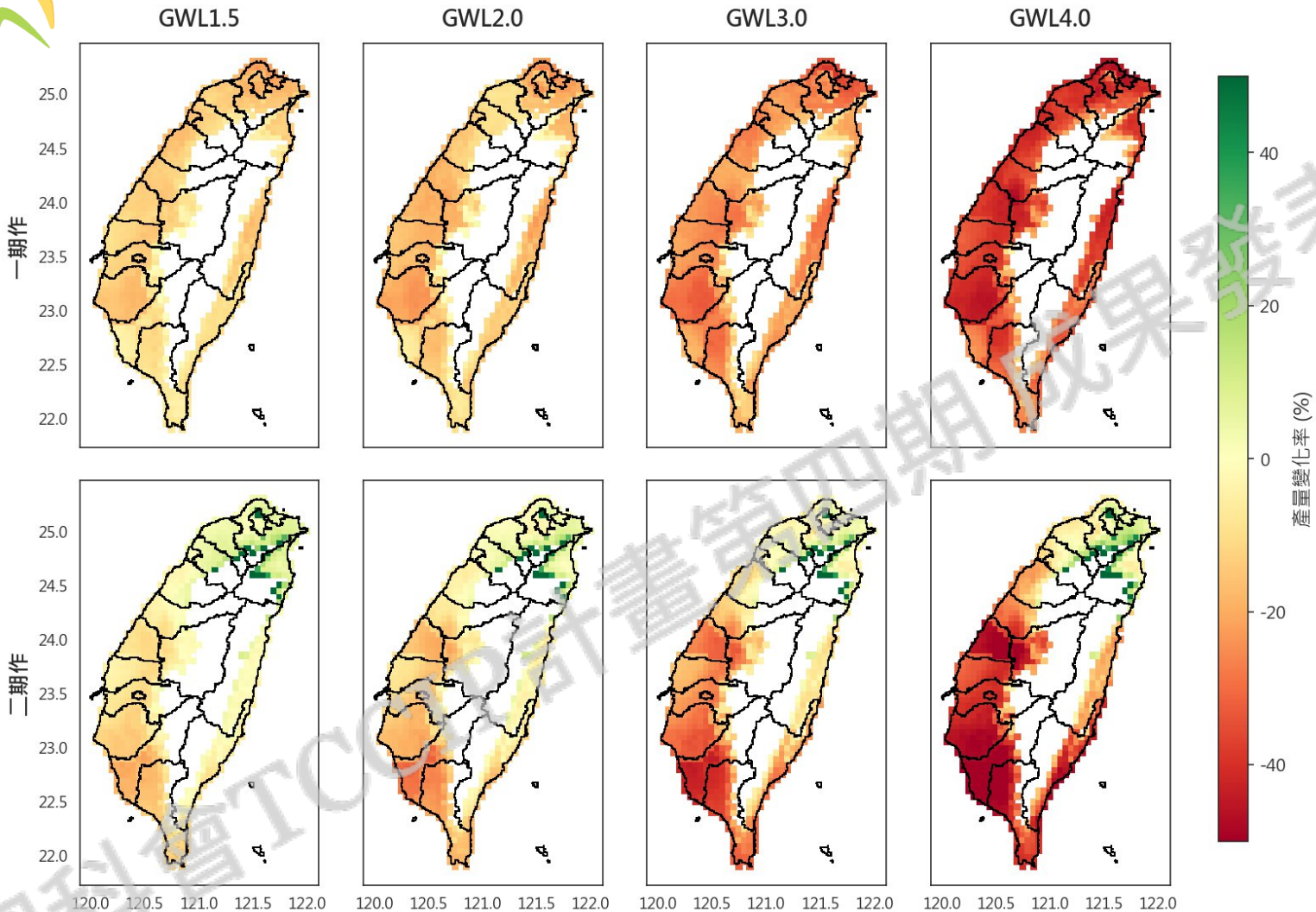
6 組 → 280 組
氣候情境組合

依縣市區分
種植日期 (原全台統一)

水稻(TN11)產量變化率



水稻 (TN11) - 產量變化率空間分佈



全台平均產量變化率

全球暖化程度 (GWL)				
期作	1.5 °C	2.0 °C	3.0 °C	4.0 °C
一期作	-5%	-10%	-20%	-31%
二期作	-1%	-3%	-11%	-23%

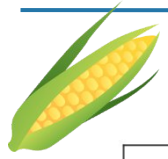
紅色粗體：減產 20% 以上

全台水稻產量至世紀末推估減少

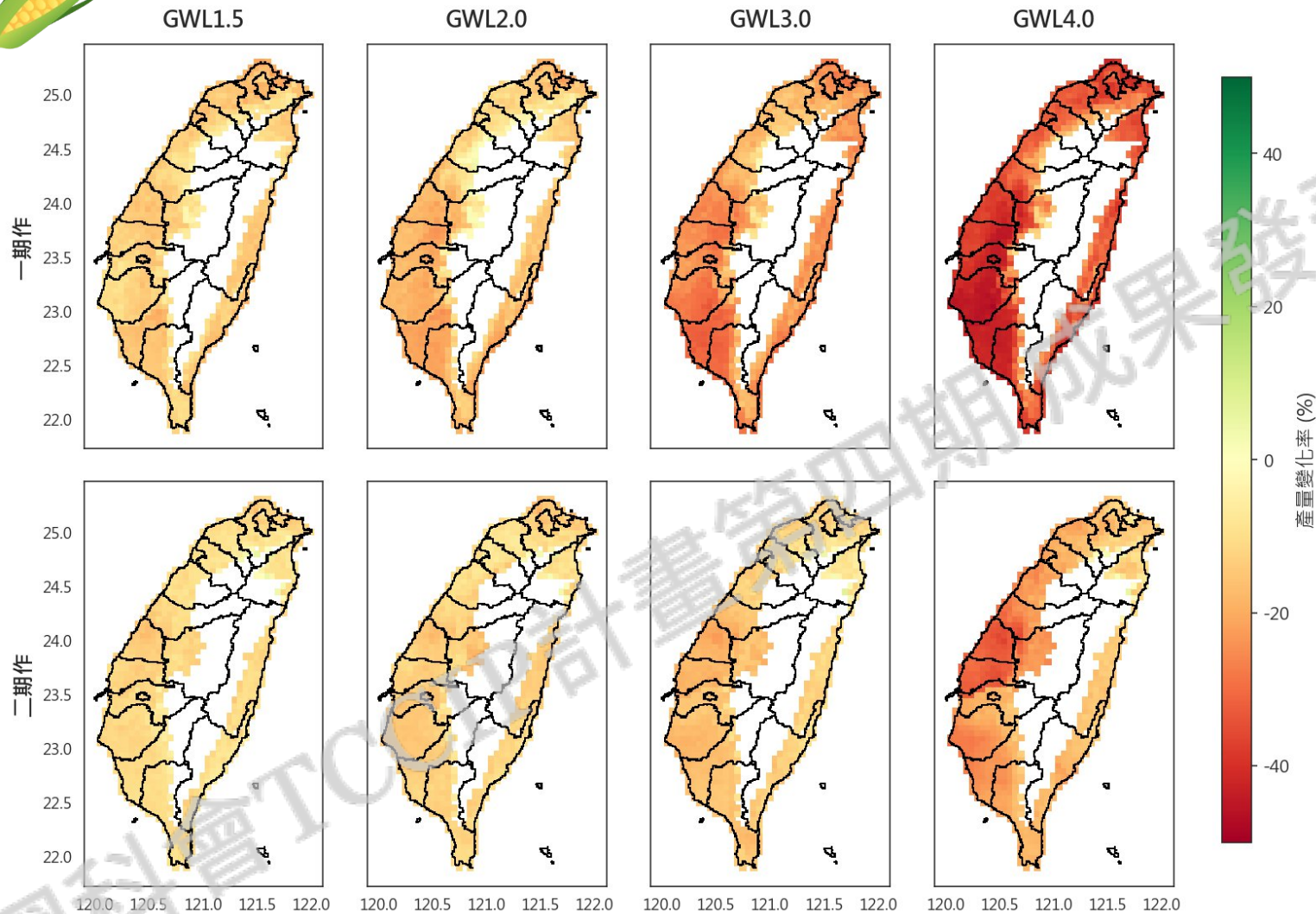
18%

資料來源：《國家氣候變遷科學報告 2024》

硬質玉米(MF3)產量變化率



硬質玉米 (MF3) - 產量變化率空間分佈



全台平均產量變化率

全球暖化程度 (GWL)				
期作	1.5 °C	2.0 °C	3.0 °C	4.0 °C
一期作	-7%	-12%	-22%	-33%
二期作	-6%	-11%	-18%	-27%

紅色粗體：減產 20% 以上

全台玉米產量至世紀末推估減少

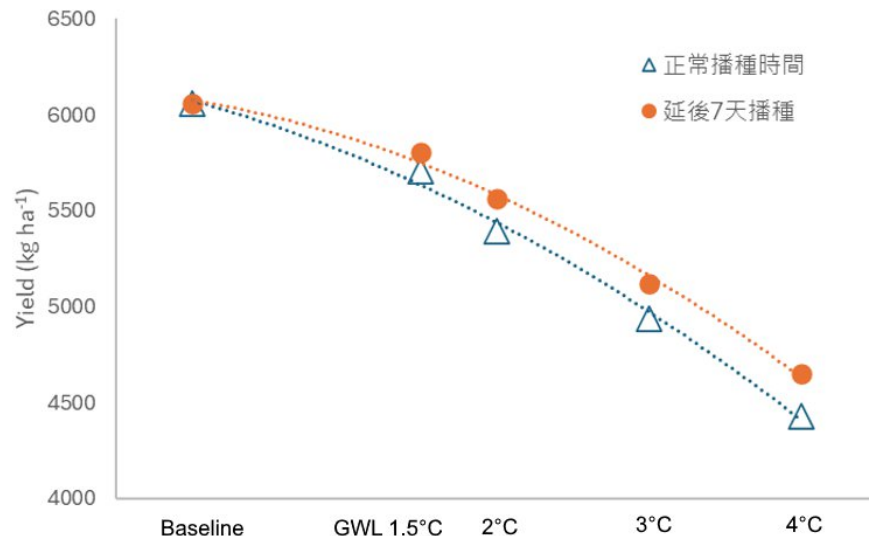
17%

資料來源：《國家氣候變遷科學報告 2024》

調整播種期的調適成效與路徑

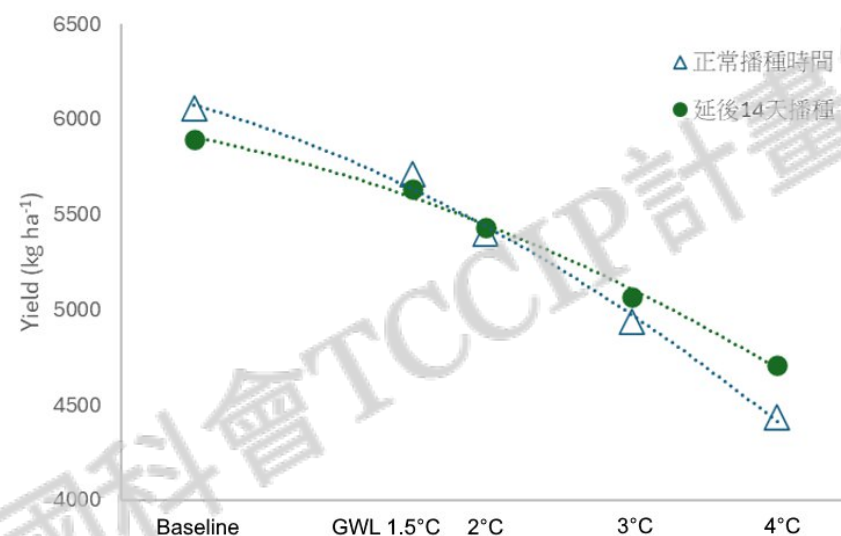


1. 播種期調整成效(漸進式調適)



延後 7 天播種

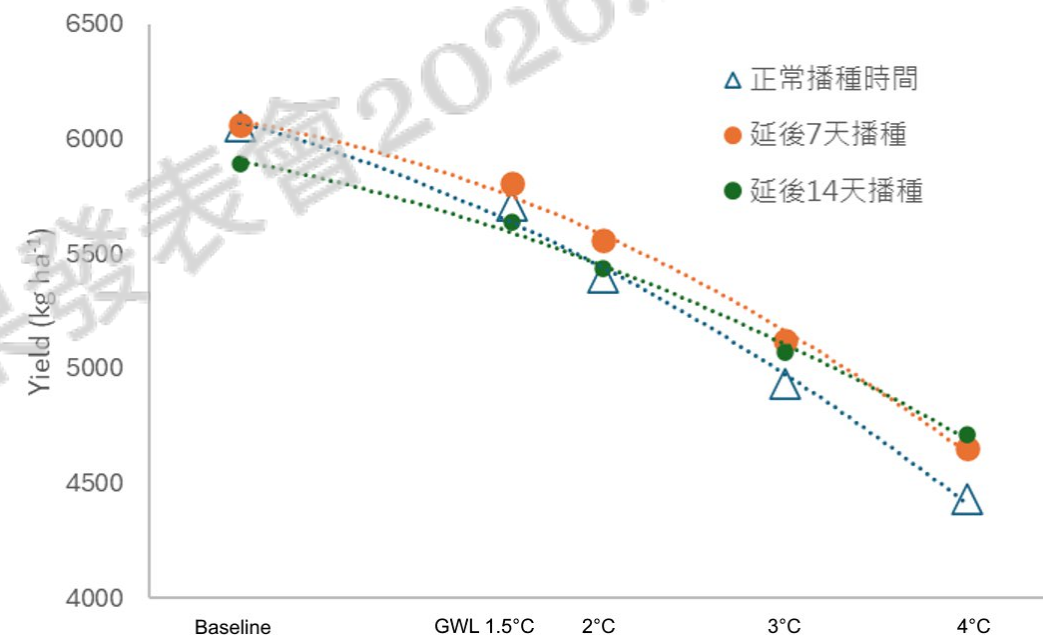
基期、GWL 1.5-4.0 °C
產量皆**高於**正常播種



延後 14 天播種

基期、GWL 1.5 °C
產量**低於**正常播種
GWL 2.0-4.0 °C
產量**高於**正常播種

2. 不同暖化情境下的調適路徑



情境	基期	1.5 °C	2.0 °C	3.0 °C	4.0 °C
建議	正常或 延後 7 天	延後 7 天	延後 7 天	延後 7 天	延後 14 天

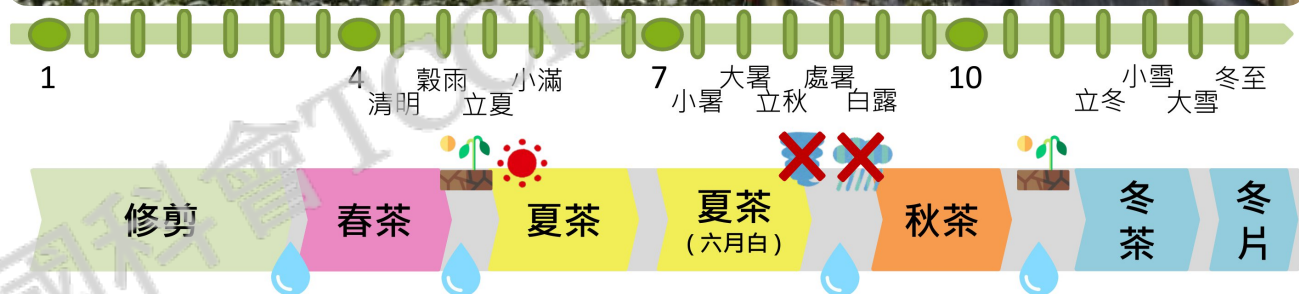
調整播種期縮小產量缺口的效果有其極限，可能需搭配其他措施，例如採用生育期較長的品種。

調適案例：捕水網

架設位址：臺灣大學山地梅峰實驗農場
南投縣仁愛鄉 海拔約 2,100 公尺



現地架設三組捕水網：N-S 16 目、N-S 32 目、W-E 16 目



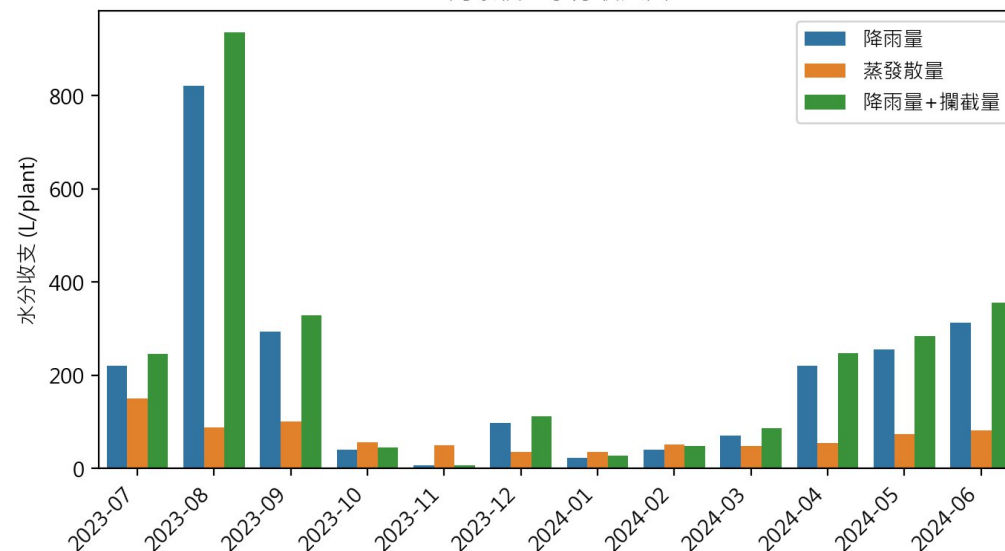
背景說明

- 未來乾旱發生機率增高，坡地多年生作物易受缺水影響。
- 高經濟價值茶園多位於坡地、非灌溉區。
- 春茶、冬茶價位最高，生長季卻常遇缺水。

採收前約 1 個月遇旱，新梢停止生長、枝葉萎凋，嚴重時枯死。

補充春茶生長季(11-2月) 乾季的蒸發散需求

月累積 - 水分收支圖



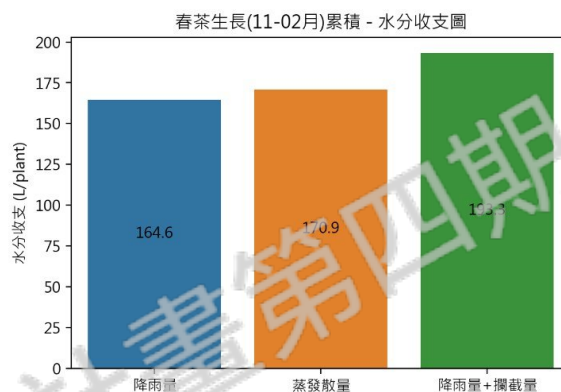
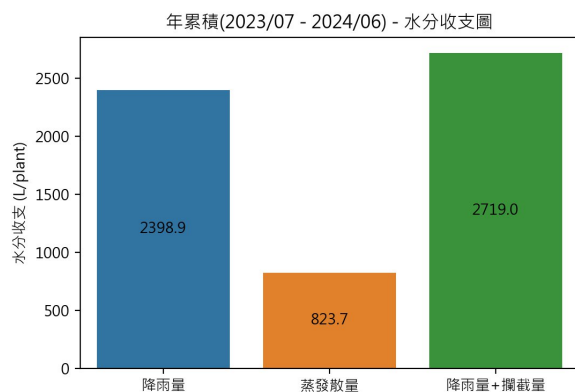
捕水網的效益與限制



效益：補足春茶生長季的乾季缺口

總捕水量
237.68 L/m²
398 日累計

秋冬季（10-1 月）捕水
19.55 L/m²
41 天有捕水；占 8.23%

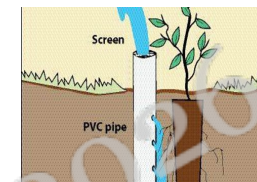


全年：降雨大於蒸發散

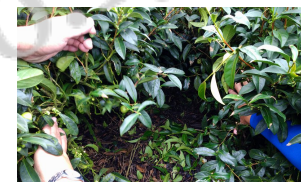
春茶季：降雨低於蒸發散

春茶生長季降雨 164.6 L/株，低於蒸發散 170.9 L/株；
加上捕水網攔截量後達 193.3 L/株。

可搭配的乾旱 調適措施



深層灌溉



減少蒸發散

限制：效益受網面積與現地條件影響

捕水效益與攔水面積呈**正相關**，但在茶園旁架設大面積網子受以下條件限制：

⚠️ **抗風性差**
網子的耐風程度有限

☁️ **遮蔭問題**
需評估是否影響茶樹生長

🏠 **腹地有限**
集約茶園難架大面積網

💧 **需儲水裝置**
捕捉的水需另行收集



未來方向

若僅評估捕水效益，可將網子由茶園旁改設於**集水設施附近**，以最大化水資源收集與利用。

示意圖生成自Google Gemini

總結：從風險辨識到疊加的調適措施



1

風險辨識 衝擊鏈分析

高溫衝擊因生育期而異
關鍵在高溫發生的時機

29.8-36°C

生育期臨界溫度

2

量化推估 DSSAT 批次模擬模組

28 GCM × 4 SSP 多模式系集
運算速度快約 65 倍

280 組

暖化情境組合

3

調適評估 DSSAT × DNDC 共效益

評估栽培制度的溫室氣體排放
旱田直播CH₄減量大於N₂O的增加

減少70%

CH₄減量

4

調適案例 梅峰捕水網

架設於海拔約 2,100 公尺
坡地茶園攔截雨水與霧水

補充乾季春茶的水分

現地捕水網試驗

調適極限

單一調適 有其極限

暖化愈劇烈，播種期調整等
單一措施的效果愈有限。

未來方向：疊加的措施

水資源

栽培制度

品種

播種期

謝謝聆聽 敬請指教

TCCIP 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

NSTC 國家科學及技術委員會
National Science and Technology Council

NCDR 國家災害防救科技中心
National Science and Technology Center
for Disaster Reduction