

# 氣候變遷對作物產量的可能衝擊：以玉米為例

陳柱中、王家偉

農業試驗所

## 一、氣候變遷風險評估

氣候變遷的推估顯示台灣未來將面對夏季變長、高溫日數增加、連續不降雨日數增加等情境，需水量較少的旱作，在乾旱年度下是維持糧食生長和穩定供應的重要選擇之一，為確保氣候變遷情境下作物穩定生產，必須先進行區域作物生產之風險評估，分析氣候變遷情境作物生產的主要因子，並盤點相對應的調適策略。完整的風險評估必須考慮危害度、暴露度與敏感度，以氣候資料配合作物致災門檻可建立危害度與暴露度指標，但作物影響程度的敏感度尚需考慮其他相關因子。作物模式以數學公式描述作物與大氣、土壤環境的交互作用，在無法大量進行升溫實驗的情形下，是評估氣候變遷對作物影響的重要分析工具。

## 二、模式本土化驗證

選用玉米生長模式 MAZSIM，模式的輸入包含土壤、氣象、田間管理(灌溉、施肥)與品種等參數，模式的輸出為每日之作物生育期、葉面積、各部位乾重等生長與發育指標，以及土壤剖面之氮素與水分動態。為了建立國內重要品种植物參數，使用台中霧峰、新竹新豐、雲林水林等地區收集之田間觀察資料，進行參數測試與驗證，試驗品種包括食用玉米(華珍)與硬質玉米(明豐3號)。比對模擬與田間實際量測的葉齡、葉面積指數、各部位乾重(葉、莖、穗)，結果顯示模式能準確的模擬春作與秋作葉尖數和葉齡變化，並對於葉面積指數、地上部與穗乾重進行合理的模擬。未來情境的氣象則使用 AR5 氣象網格資料，選擇中度排放情境 (RCP 4.5)

下 6 個氣象情境，模擬 2030、2040、2050 年全台平地區域春作與秋作玉米產量，另使用歷史重建網格資料模擬 2020 年春作與秋作產量作為未來情境產量變化比較基礎，計算不同時序下產量變化相對百分比。

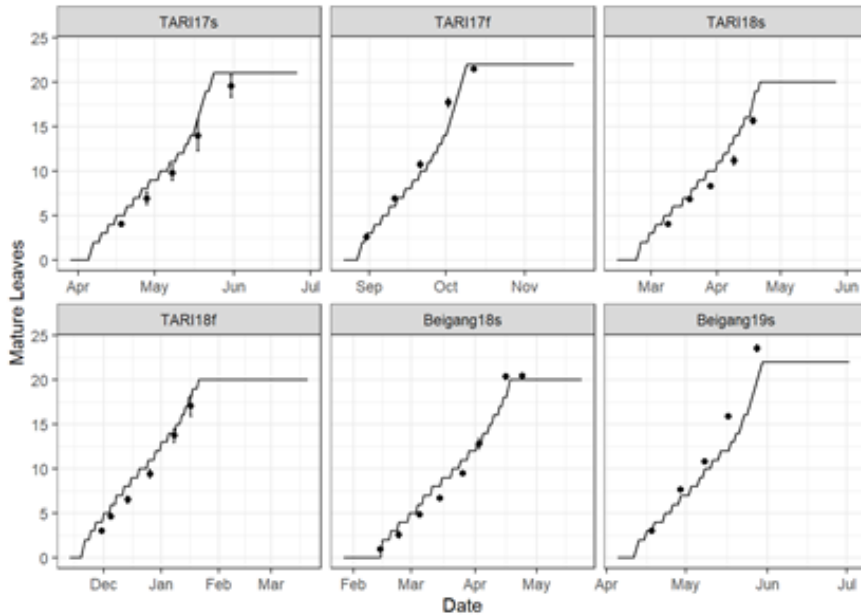


圖 1. 經本土化驗證的玉米生長模式模擬(實心線)與田間觀測(實心圓)的葉齡。

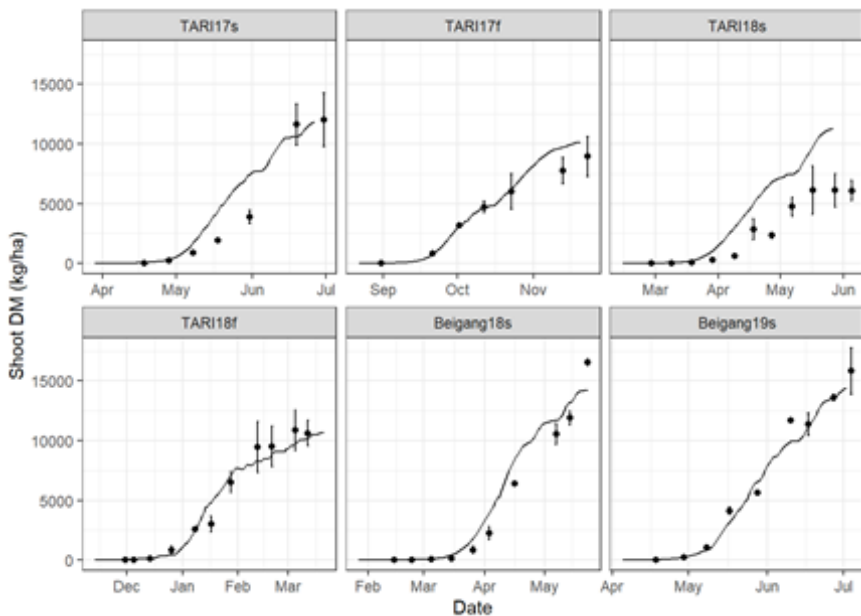


圖 2. 經本土化驗證的玉米生長模式模擬(實心線)與田間觀測(實心圓)的地上部乾重。

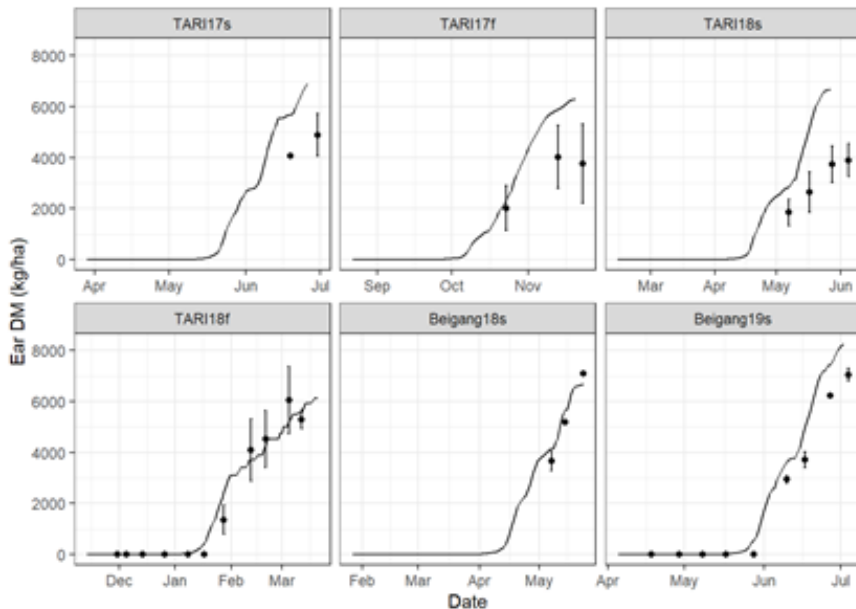


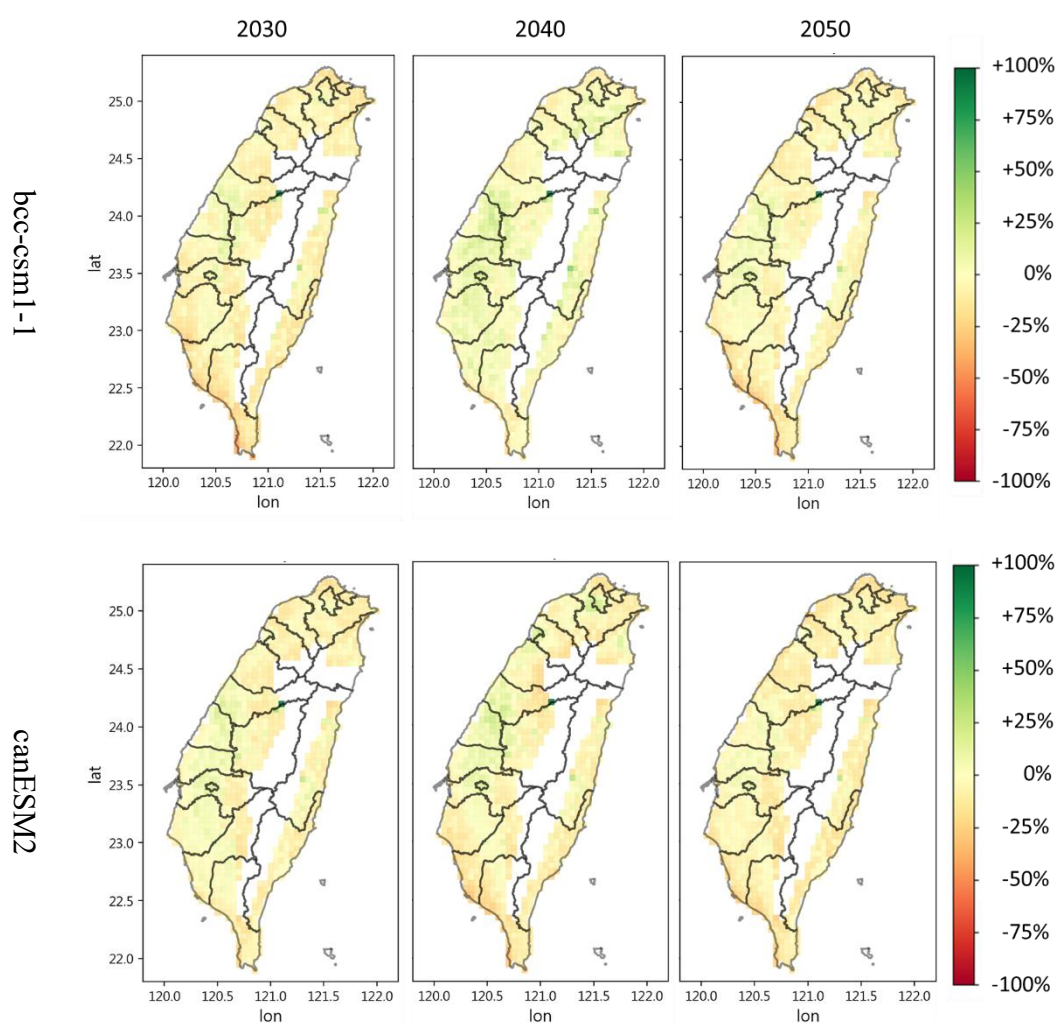
圖 3. 經本土化驗證的玉米生長模式模擬(實心線)與田間觀測(實心圓)的穗乾重。

### 三、未來情境各區產量變化

模擬結果顯示，未來情境下春作與秋作玉米生育期較目前縮短 4-8 天，因升溫情境導致發育速率增加與生育期縮短，將直接減少作物可累積光合產物的時間。在產量的變化上，不同期作、不同區域受到的衝擊皆有不同。春作模擬結果顯示，大部分的氣候模型皆顯示未來情境春作產量有下降的趨勢，大部分的減產幅度在 10% 以內，在區域上則是南部的影響較北部劇烈，在最為不利的情況下，產量可能減少 33%，造成產量大幅減少的主要原因為生長後期的高溫。在此情境下模擬提前播種時期 15-30 天可恢復產量 23-29%。秋作模擬結果則顯示，中度排放情境到世紀中，秋作產量變化比率大多在 -15% 至 +10% 之間，變化幅度並不特別大，呈現北部區域有大多增產，中南部區域可能有減產，顯示秋作有部分區域得益於暖化，但升溫較高的氣象模型則可觀察到南部有減產的趨勢，雖日高溫尚未超出一般認為的高溫障礙門檻 35°C，但升溫的幅度已對產量造成影響。

整體而言，在中度排放情境下，世紀中之前，玉米產量呈現春作產量減少、秋

作產量可能增加的趨勢，主要的減產區域為南部。在不改變栽種區域可改變種植時間減少影響，如提前春作播種時期來避免生育後期高溫；在產區的調整上，建議北部區域如新竹、桃園一帶，尤其是靠海的原本較少灌溉的鄉鎮，是未來玉米可推廣的潛力生產區域，並須針對北部區域酸性土壤區域，施用石灰等鹼性資材調整土壤酸鹼值以提高生產潛力。



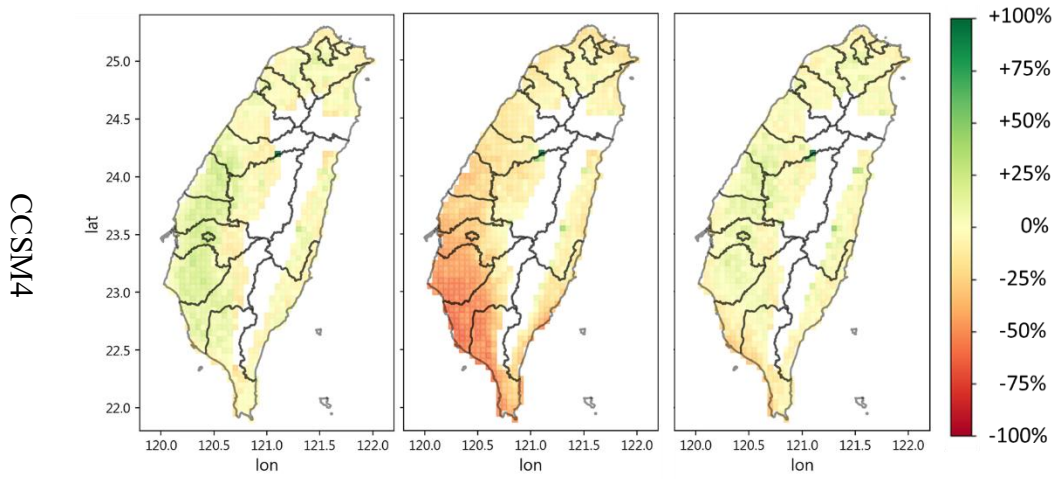
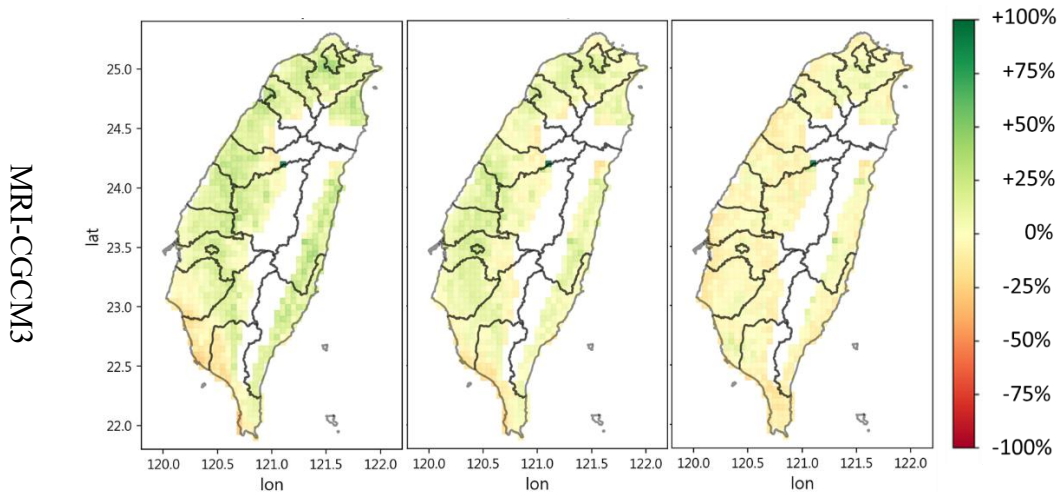
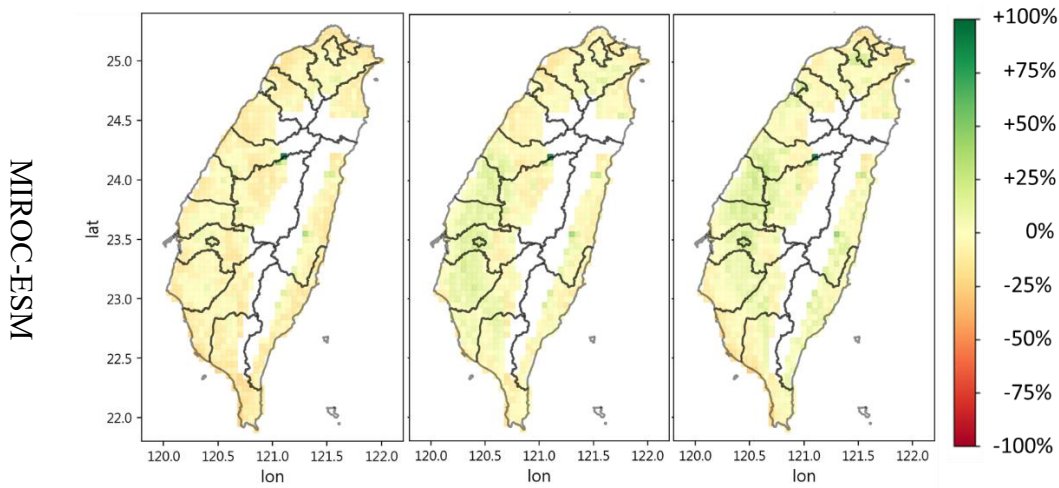


圖 4 不同全球氣象模型全台各區域食用玉米春作之相對產量百分比，以 2020 年為基礎，由左至右分別為 2030、2040 與 2050 年，由上而下分別來自於 MAZSIM 模式模擬 bcc-csm1-1, canESM2, CCSM4 氣象模型。



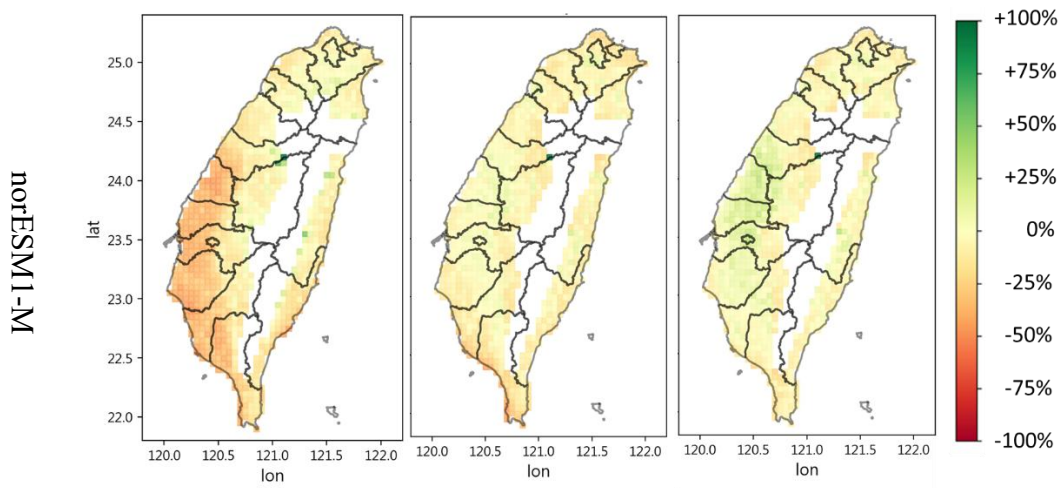


圖 4 (續). 不同全球氣象模型全台各區域食用玉米春作之相對產量百分比，以 2020 年為基礎，由左至右分別為 2030、2040 與 2050 年，由上而下分別來自於 MAIZSIM 模式模擬 MIROC-ESM, MRI-CGCM3, norESM1-M 氣象模型。

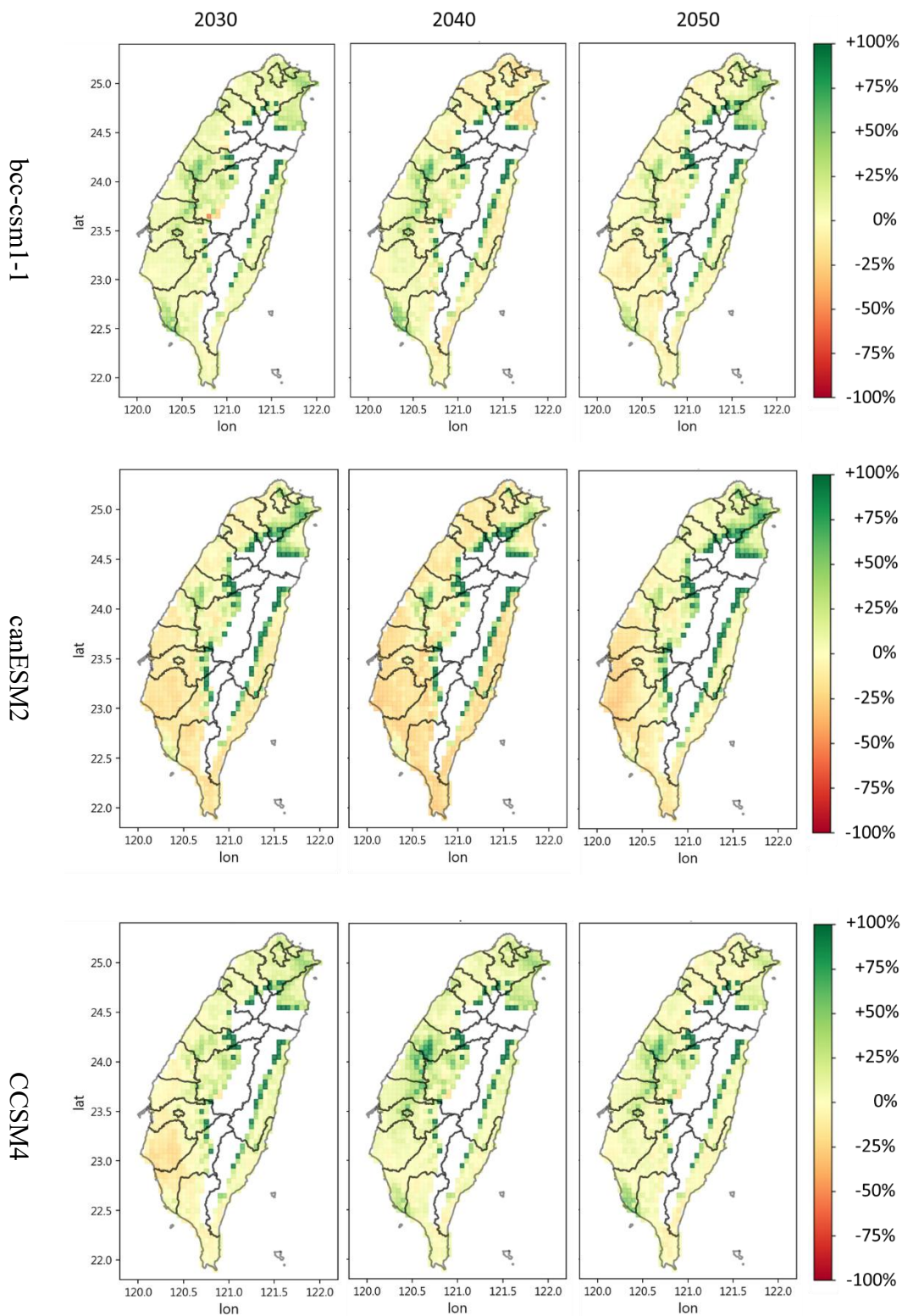


圖 5. 不同全球氣象模型全台各區域食用玉米秋作之相對產量百分比，以 2020 年為基礎，由左至右分別為 2030、2040 與 2050 年，由上而下分別來自於 MAZSIM 模式模擬 bcc-csm1-1, canESM2, CCSM4 氣象模型。

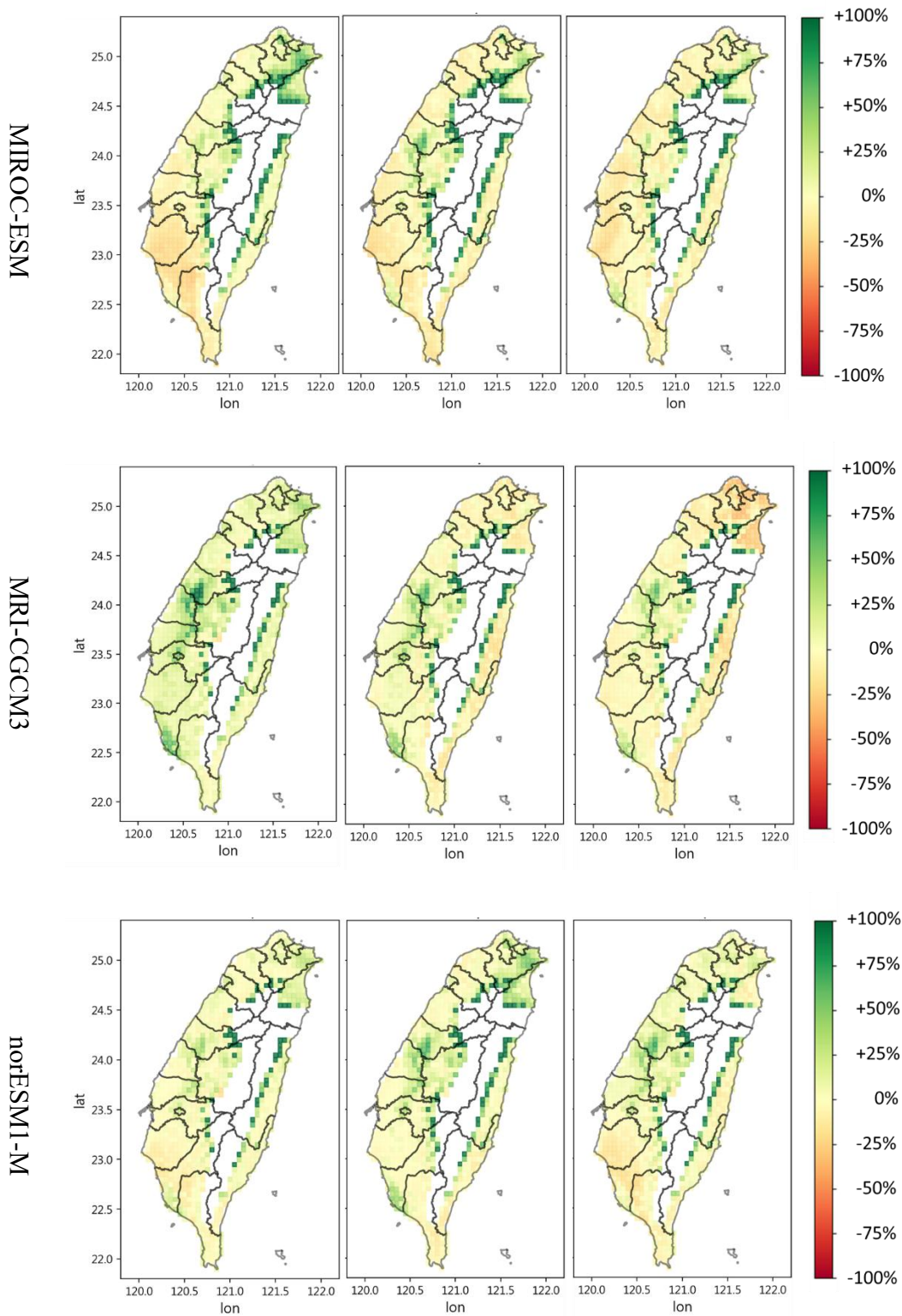


圖 5(續). 不同全球氣象模型全台各區域食用玉米秋作之相對產量百分比，以 2020 年為基礎，由左至右分別為 2030、2040 與 2050 年，由上而下分別來自於 MAZSIM 模式模擬 MIROC-ESM, MRI-CGCM3, norESM1-M 氣象模型。