

IPCC 第二工作分組之第四次評估報告：影響、調適與脆弱性

第五章 全球暖化對糧食、漁業及森林產業之影響

臺灣大學農藝學系 盧虎生

本章節討論全球暖化對糧食（含纖維作物）、漁業及森林之影響，回顧由過去到目前的各種研究成果，並以模式預估未來的影響。文章內所謂的糧食包括作物、畜牧及漁業，纖維主要指衣料纖維，而森林則主要指林業及其相關之生態或產業。

全球暖化雖然是廣泛的趨勢，但由於糧食、漁業及森林是生物型產業，生物在全球不同地區有其分佈的多樣性，因而其對暖化的反應可能有相當的差異性。本章彙整目前對全球不同地區之作物、森林、畜牧、漁產及經濟社會型態的各種模式研究成果，可得到以下的初步推論：

一、暖化程度與糧食作物生產

在中、高緯度地區，輕度的暖化($1\text{--}3^\circ\text{C}$)，加上二氧化碳濃度的增加，可提高作物的產量。但在低緯度地區及乾旱地區，即使微量的暖化($1\text{--}2^\circ\text{C}$)就可能造成產量下降。整體評估上，若暖化程度高於 $1\text{--}3^\circ\text{C}$ ，將可造成全面性的糧食生產下降。

本文預估了世界三大作物玉米、小麥及水稻對氣溫增加的產量反應，並分別預測在沒有特殊因應措施下及如果施行若干的因應措施下的情形。由分析結果顯示，如氣溫增加超過 $2\text{--}4^\circ\text{C}$ ，則三大作物產量皆會下降。其中低緯度地區（如南非洲地區，sub-Saharan Africa）的反應更為嚴重，尤其是玉米及小麥，即使採取若干的因應措施，如育種、節水栽培等，可能仍無法改變此產

量下降的趨勢。暖化可能造成適應脆弱地區的社會經濟問題，由其是低緯度地區及乾旱地區（如南非洲地區，sub-Saharan Africa），其饑荒風險及人數皆可能增加。

此外，暖化引起的異常（極端）氣象頻率及強度增加，將對糧食造成顯著的負面影響，此影響可能大於平均暖化對糧食生產的效應。研究結果顯示，在平均溫度的觀點上，氣溫的上升加上二氧化碳濃度上升的肥料效應，中高緯度地區的作物反而可能增產。但是如果考慮暖化所導致的異常氣象頻率及強度增加，則恐怕造成顯著的災害，顯著的造成產量的損失，即使中高緯度地區也無法幸免。由於異常氣象頻率及強度評估困難，這可能是氣候暖化對全球糧食生產的主要風險之一。

稍可樂觀的是，由模擬研究顯示，在輕度的暖化($1\text{--}3^\circ\text{C}$)情況下，如果採取適當的因應措施，妥善的管理水及環境資源，發展高栽培及育種（如生物技術）仍可以造成糧食生產的增加及穩定。

二、水資源變化與糧食產業

在水資源方面，未來全球水資源可能的變化趨勢具有相當大的地區差異性。生物產業是高度依賴水資源的產業，在輕度的暖化($1\text{--}3^\circ\text{C}$)情況下，加上二氧化碳增加的肥料效應，如果水資源供應適當，則作物及林產業多可增加生產。惟目前的研究已發現暖化可能造成全球各區域的降水改變，無論乾旱或

澇（淹水），皆可造成作物生產的嚴重損失。此外，水資源管理須要投入相當的經濟資源，這不是低緯度開發中國家容易克服的。

由前面的幾項討論指出，如果採取適當的因應措施及水資源管理，輕度的暖化或可增加糧食的生產。但小農制或低緯度之開發中或落後地區國家，其經濟狀況恐無法支持這些因應措施，因而成為全球暖化的主要受害者。

三、對森林產業之影響

整體而言，在近程或中程上，暖化可能使林業的生產力增加；為此點具有相當的地區差異性。一般而言，多數的模式預估顯示暖化可增加林業的生產，範圍由近期的5-10%（2020年），到遠期的20-60%（2080年），但仍須考慮地區間的差異性及異常氣候的風險。目前的評估是以溫度增加可促進biomass的生長為基礎，並未考慮影響森林發育之其他因子如乾旱、病蟲害等。但森林及下述的漁業由於面積及變異廣大，在研究技術上具有相當之難度。

四、對漁業之衝擊

暖化可能造成若干地區的特定魚種消失，影響漁業的發展。漁業包括捕撈（capture）及水產養殖（aquaculture）兩大類，前者受自然生態的影響較後者大。暖化可造成水體氧濃度、酸度、養分及毒性物質濃度、及魚類生育及疾病的改變，因而也影響魚類的生態分佈。某些敏感魚種類改變棲息區域甚至可能消失。此外，對中亞、北亞、南美洲及小型魚業型態區域的漁業經濟也可能發生衝擊。

五、對糧食產業之經貿影響

一般而言，氣候變遷可能導致糧食與林業貿易流向的改變，開發中國家將更增加及依賴向已開發國的進口。暖化將造成作物生產價格的上升，由於中低緯度區域開發中國家受暖化的衝擊較高、適應能力較低，因此將向已開放國家進口更多的糧食及林產品以彌補不足。但如果購買力不足，即可能發生饑荒及政治動盪。在小農、漁業型態的地區及國家的人民族群，其承受及因應暖化的能力較差，因此受暖化的負面效應大，甚至於可能導致該地區產人力的下降。

六、綜合討論

目前IPCC之2007的研究結果與前期的試驗結果相符，暖化對適應地區的糧食及年輕森林的生產皆可能有正面提昇的效應。但所謂的“適應”須知投入相當的經濟與科技，而且須要及時啓動及積極投入。一般而言，中高緯度國家經濟狀況較佳，可能因而受益；低緯度國家經濟現況較差，相對適應能力較差，遭受暖化負面效應的風險高。此外，需要注意的是，IPCC在本章節的各項評估及預測都不包括異常氣象的風險，但實際資料顯示異常氣象經常是造成生物型產業災害性損失的主要原因。由於異常氣象之發生較難評估與預測，因此將是未來研究的重點，此對靠“天”而活的生物型產業尤其急迫。

IPCC簡要的預測了2050年全球食物相關產業的生產變化趨勢。一般而言，北半球高緯度地區可因暖化而增加其對作物、森林及畜產動物生育的適應性，因而生產增加。而近赤道（含北迴歸線）區域及澳洲則因增溫可能造成作物、森林及畜產生育的逆境，因而造成減產減產，其中尤其以澳洲及非洲最為普遍。

在撰寫本稿同時，世界糧食價格上升至歷史新高，原因之一就是全球暖化所導致之異常氣象引起的作物減產，若干低緯度國家濱臨糧食缺乏而導致政治動蕩，聯合國農糧單位稱之為“寂靜的海嘯”，本稿上述所預測的狀況正活生生的上演，不禁令人警覺我們已經處於暖化的效應中了。臺灣地處亞熱帶地區，位於上述暖化負面效應的邊緣。以筆

者熟悉之作物生產而言，平時就已處於作物生育之逆境邊緣，對暖化的適應性相當脆弱，稍為的異常氣象即可造成糧食及蔬果減產，因此吾人尤其須要及早啓動因應措施，由栽培、育種、生物技術、社會經貿等層面整體性的擬定及採取因應措施，以確保未來氣候變遷下我國的糧食安全。