臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫

IPCC第6次評估報告WGII導讀

第五章糧食、纖維及其他生態產品

行政院農業委員會農業試驗所

姚銘輝 研究員

行政院農業委員會畜產試驗所

施意敏 副研究員

行政院農業委員會水產試驗所

張可揚 研究員



糧食安全議題



糧食安全是永續發展重要指標,但整體糧食生產及消費是複雜系統, 受許多因素相互影響尤其是氣候因素,氣候變遷衝擊下影響生產區域、 產量及品質,將使全球糧食安全陷於更不確定的情境。

> Cascading impacts of climate hazards on food and nutrition







8 DECENT WORK AND ECONOMIC GROWTH











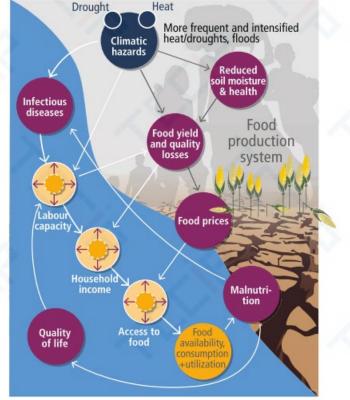










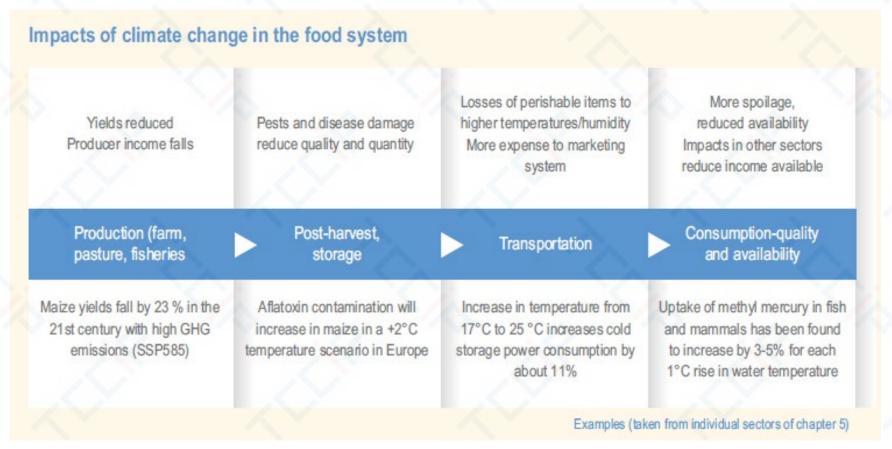




氣候變遷對糧食系統的衝擊



氣候變遷衝擊隨著時間的推移而惡化,世紀中之後影響速度將加快。雖然是全球性的衝擊,但生活在資源較少區域的人將更快受到影響。



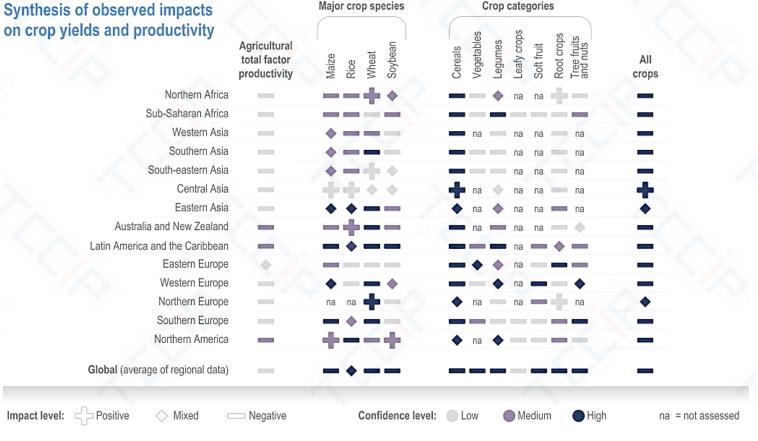


Ch.5, Figure FAQ5.2.1

農作物系統-未來作物產量評估



▶ 自 1960 年以來,全球主要作物的產量增加 2.5 至 3 倍。主要原因認為是育種、 施肥、灌溉和病蟲害綜合管理等的改善,但許多研究發現近期氣候趨勢對作物產 量造成嚴重衝擊(高信心),特別是在非洲、拉丁美洲和加勒比地區的影響最大。



雖然目前仍對有些作物 的研究尚不足,但整體 而言對於大部分作物的 影響都是負面的。



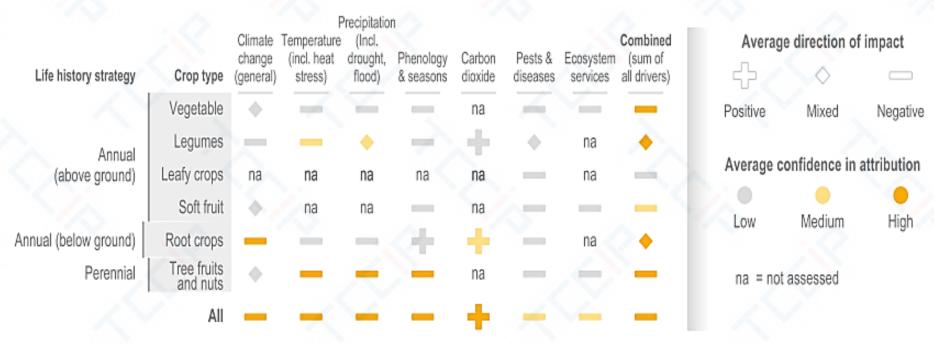
Ch.5. Figure 5.3

農作物系統-不同耕作制度的衝擊



各種氣候驅動因子對生產大多是負面影響(高信心),不論是糧食或其他作物推測 在熱帶、亞熱帶和半乾旱等地區的減產幅度相似,雖然大部分水果和蔬菜作物 沒有太多的產量推估研究。

Synthesis of literature on the projected impacts of climate change on different cropping systems



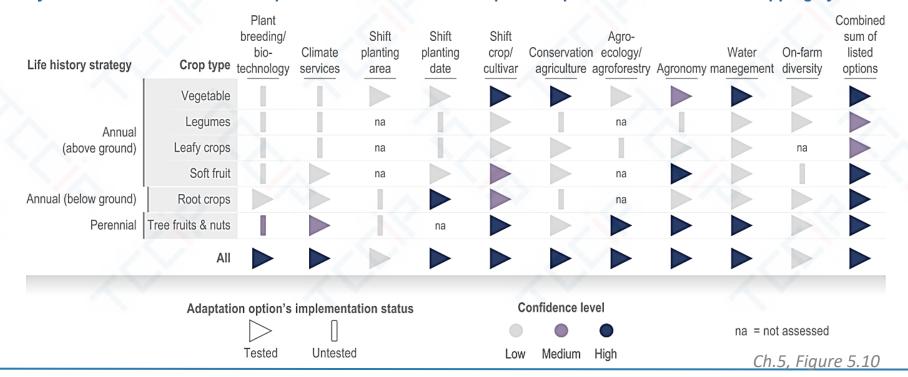


農作物系統-不同耕作制度的調適



- ▶ 現有農場管理的調適能力在世紀中可達成減少產量損失約8%,至世紀末約11%,但不足以抵消氣候變遷帶來的衝擊,不論在哪種排放情境、作物種類、地區和調適方案皆沒有顯示出明顯差異。
- → 研究也提出兩個或多個選項的組合不一定比單個選項有更大的效果。且現有的措施在未來可能不再有效,表示未來須更注意評估調適選項的有效性。

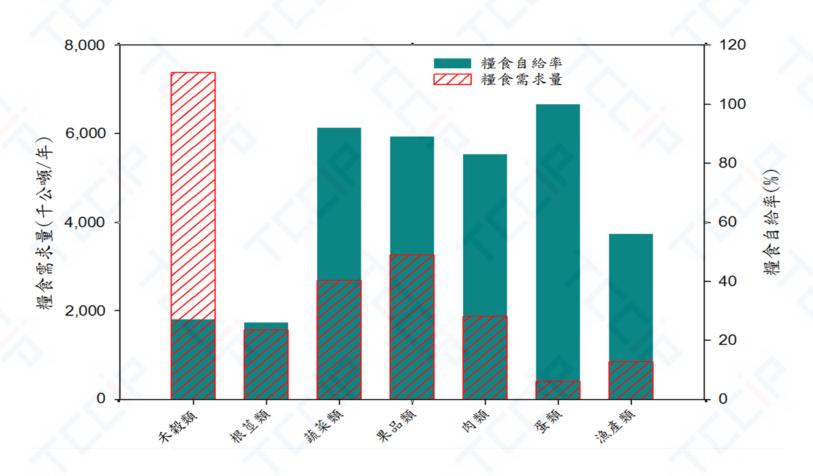
Synthesis of literature on the implementation of on-farm adaptation options across different cropping systems



農作物系統-台灣糧食安全現況



台灣糧食需求量及自給率

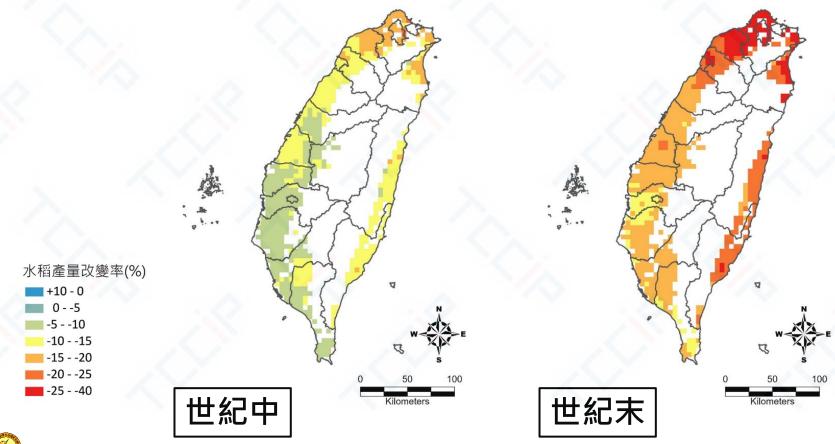




農作物系統-未來水稻生產評估



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%。





農作物系統-科技面向的調適



			1.	強化水稻種原收集及利用,以開發適合國內生產環境 之飼料用稻米品種。
	水稻耐逆境及飼料	臺灣稻作研究基礎深厚,除提供主	2.	改善現有品種之耐逆境能力,並加強栽培技術及病蟲
	用新品系選育	食用外,可發展飼料用,以取代進		害管理。
	刀利叫尔 廷月	口飼料	3.	建立國際農業科技交流合作管道,推動規模化產銷專
				區,導入環境親合栽培體系,及利用遙測技術以進行 區域產量預估。
	維持作物品種多樣	糧食作物耐逆境基因庫建置,篩選	1.	建置主要糧食作物(水稻、玉米、大豆及小麥)耐逆境
	性,作為篩選耐逆 性,作為篩選耐逆	世民下初间是児童四岸建直,即選 歧異度高種原,目前水稻有初步成 果,逐漸擴及其他作物		基因庫。
	境之基因庫源		2.	篩選具環境適應力之在地或原生作物或蔬菜,進行栽培技術改進及營養成分分析。
		氣候變遷導致氣候朝向高溫、乾旱 暴雨等極端氣候方向發展,篩選國 內作物耐逆境基因的指標	1.	建立作物逆境評估之方法及機制,以耐逆境量化指標
				作為未來育種工作之重要依據。
			2.	導入抗性基因,使現有品種具有綜合性之逆境耐性,
	作物耐逆境指標及			並經多次回交以維持推廣品種的特性,才能切合漸進
	選育平台建置		_	改變之氣候特性。
			3.	建置各項作物在不同生育期對災害之致災臨界條件,
			4	評估現有種植區域受災潛勢。
			4. 1	積極研發應用基因體分子育種技術,加速育種效率。 研發在地型動物飼料配方及新飼料原料。
	建立高產優質飼料	飼料作物供需之自給率低,建立高 優質飼料作物生產模式為重要策略 之一,降低進口風險及脆弱度	⊥. 2	研發在地整動物的科配力及制的科原科。 研發在地廢棄農業資材利用,以作為飼料原物料。
	作物生產模式		2.	找尋在地型替代性作物並加以改良(如甘薯、樹薯),
BC CO			٥.	以现代进口商彩作物。

以取代進口飼料作物。



農作物系統-環境面向的調適



農地脆弱度評估與預 警指標	減緩農地資源流失或生產力降低, 以避免衝擊糧食安全	1. 2.	依據氣候情境評估對農地綜合衝擊程度的分析。 規劃設計調適策略,以減緩或降低農地脆弱度或妥善 利用氣候變遷之優勢機會。
推動低碳農業及低溫 室氣體排放之智慧型 耕作制度	低碳農業是以低耗能、低排放、低 污染為基礎的農業,提倡使用有機 肥料、減少使用化學肥料、使用生 物法防治病蟲害	 2. 3. 	強化發展低碳足跡農產品;推廣在地生產優勢,鼓勵 在地消費。 建立農業碳排放量盤查制度,量化農作物由種植到消 費端之碳足跡。 研發低溫室氣體排放之親合性農耕制度。
研發農作物防災及復 育技術·降低災後損 失·強化對於極端氣 候之調適能力	針對近年來台灣各地區的氣象災害 產生的時間與空間上的變化,研發 各項防災相關技術	 2. 3. 	強化農業氣象災害預測能力,研發農作物早期災害預警系統,提升農業災害預警之基礎建設與抗災能力。 宣導及教育農民對氣候變遷及災害風險共同承擔之意 識,並共同參與因應策略之研擬。 發展設施農業以穩定生產,降低因氣候變遷所帶來之 極端氣候衝擊。
因應氣候變遷下之水 資源脆弱度及灌溉調 配分析	與水資源領域結合進行氣候變遷跨 領域的研究	1.	逐步朝向氣候變遷下水資源脆弱度分析,並據以建立各種主要作物的生產區,降低作物生長期缺水風險。
因應氣候變遷之新農業生產區空間規劃	需重新規劃各最適作物產區及相對 之栽培制度	1.	以台灣降尺度氣候變遷趨勢、水資源分布變化、及作物優質生產模擬之分析為基礎,重新規劃台灣各作物之最適產區空間,並規畫相對應栽培與經營管理體系。



農作物系統-政策面向的調適



強化糧食安全預警系 統與策略地圖之研究	相關學術單位雖已提出預警系統及 策略地圖雛形,但須發展整合氣候 變遷因子之系統策略	2.	建立與氣候變遷連結之我國糧食供需、庫存與產銷資料庫,強化糧食供需統計資料正確性及應用性,以提升決策精準性。應利用未來氣候資料評估糧食需求之研究,研擬不同氣候衝擊情境下的處置措施和因應策略,使決策單位事前知曉所可能面對的糧食安全風險程度。需以國民健康為基礎所建置之糧食安全策略地圖,由糧食供給比率完成糧食消費與社經變數關聯性分析。
建立區域緊急糧食儲 備機制與國際糧食援 助合作	此議題重要可能需藉助非政府組 織(NGO),經由互信及互助基礎 上建立糧食援助合作體系	 3. 4. 	以配合糧食供應與風險評估情形,適時採取相關因應措施。
積極研擬及推動氣候 保險制度	氣候變遷之衝擊宜由各風險相關 者共同承擔,方能永續調適發展		持續即時蒐集與分析國際氣象變化、糧食穀物生產狀況與市場價格,預測其發展趨勢,並蒐集各國運用公私部門合作之穀物儲備機制及方案,分析糧食安全策略走向,俾供我國建立長期穩定糧食儲備系統之參考以科技研究為基礎,建置各種氣候保險制度所需之依據或參考指標,建立各風險承擔者參與保險制度之信心。



畜牧系統-牧場、飼料和草料的衝擊



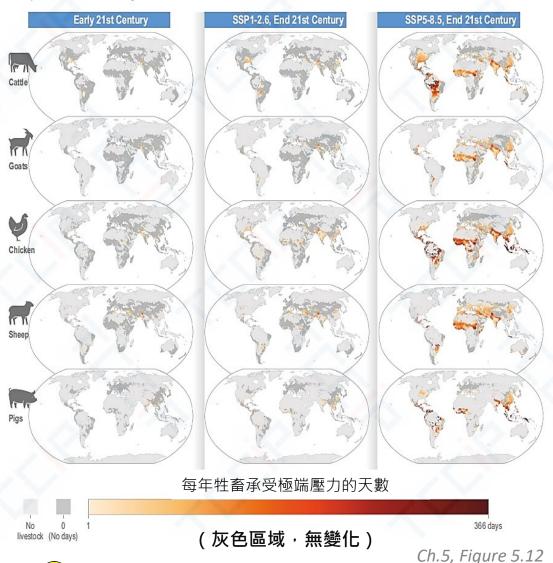
- ▶ 北半球高緯度地區預計牧場淨初級生產力(NPP)大幅增加(美國和加拿大增加21%),西非(-46%)和澳大利亞(-17%)則大幅下降。到2050年,由於升溫2℃ 造成全球牧草生產力的影響預計將使牲畜數量減少7-10%,牲畜資產損失估計達10至13億美元。非洲草原生產力的變化將對超過1.8億人的生計產生重大的負面影響。
- ▶ 當假設北美草原CO₂升高的條件下(600 ppm和日間溫度上升1.5°C/ 夜間溫度上升3°C),預計草料品質會大幅持續下降。到2050年,不斷上升的二氧化碳濃度可能導致植物中的鐵、鋅和蛋白質損失高達8%。全球約 57% 的草是 C3 植物,因此容易受到 CO₂ 對其營養價值的影響。這些影響將導致放牧動物有更大的營養壓力並減少肉類和牛奶品質及產量。



畜牧系統-極端天氣的影響



Temperature and humidity driven "extreme stress" for livestock



▶溫度和濕度驅動牲畜的"極端天氣壓力"

使用溫度濕度指數 (THI) 估算的 SSP5-8.5 從 2000 年到 2090 年代每年高於極端壓力值的天數 變化,繪製不同物種的全球分佈圖。



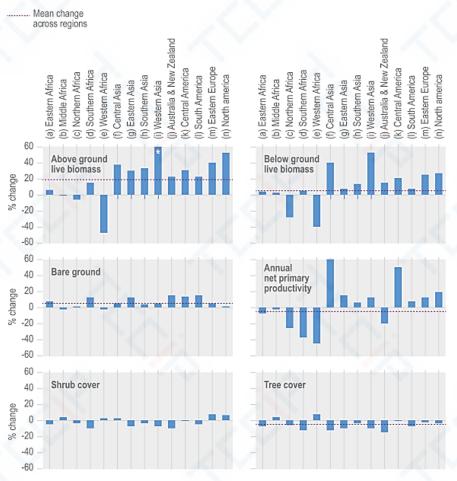


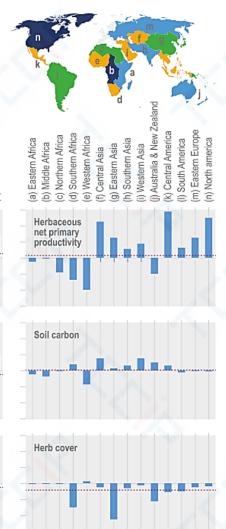
畜牧系統-牧草的二氧化碳施肥





Changes in 2050 under RCP8.5 relative to 1971-2000





Ch.5, Figure 5.11

>預計牧草植物對二氧化碳施肥 增強的反應

RCP8.5情境下2050年,模擬結果顯示

二氧化碳施肥增強植物的反應。

依序顯示的是地上生物量 、地下生物 量、草本淨初級生產力 (HNPP)、裸地、 年淨初級生產力 (ANPP)、土壤有機碳、 灌木覆蓋、樹木覆蓋和草本覆蓋。



畜牧系統-牲畜疾病的影響



- ➤ 氣候變遷對牲畜疾病的影響仍然存在高度不確定。溫度升高與可傳播藍舌病毒的動物媒介活動範圍擴大之間有關。在RCP4.5和RCP8.5情境下,預計到2050年,過去每20年爆發1次藍舌病的頻率將增加到5~7年發生1次,儘管限制染疫動物的移動範圍可以防止大規模的爆發。
- ▶ 牲畜疾病的流行和發生與極端天氣事件呈正相關。在RCP4.5和RCP8.5的情境下,東非及其他地區未來爆發裂谷熱 (RVF) 的風險很高。
- 氣候暖化下的疾病傳播動態變化仍存在很多未知數,這也凸顯對牲畜疾病進行 監測的必要性。



畜牧系統-生物性調適



> 畜牧系統對熱緊迫的調適選項

生物性調適		案例	
耐熱緊迫的育種	IPCC A2情境下澳大利 2070年無法改善畜牧		
"短毛髮"繁殖	在加勒比地區,通過等中,以提高耐熱性和經熱緊迫,例如遮蔭等	生產力。但仍然需要	
雜交育種	在蒙古,與本土綿羊產力,並提高對冬季使用可達到更好的效仍須取決於實際情況	寒冷的適應能力,與果。但雜交育種作為	與其他管理措施結合
飼養物種轉換	在 地中海系統 中,從 行乳製品生產 ,以適		

里表日UN.5, Iable 5./



畜牧系統-非生物性調適



> 畜牧系統對熱緊迫的調適選項

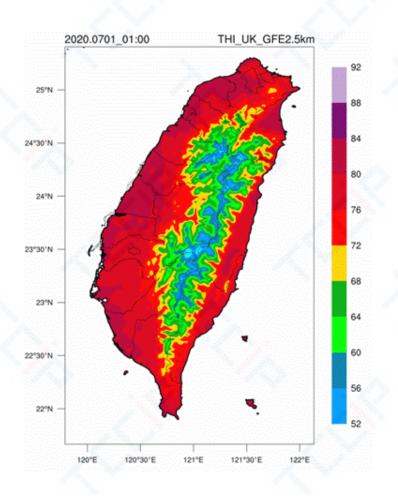
非生物性調適	案例
遮蔭、通風、淋浴	以低成本策略(用樹木或不同類型的棚屋遮蔭;每天幫動物 淋浴數次;在棚屋中安裝電風扇)可有效減少熱緊迫對印度 小農乳牛系統家庭收入的影響。與全日照牧場相比,巴西林 牧系統中不同的樹木配置可有效減少動物的熱負載高達 22%
通風和冷卻系統	為溫帶地區密閉式和季節性密閉式集約化畜牧系統(豬、家禽、牛肉、乳製品)提供各種不同的通風系統、冷卻系統和 建築設計,但不同推估情境下不同選擇的經濟效益仍須評估。
	車製目 <i>Ch.5. Table 5.7</i>



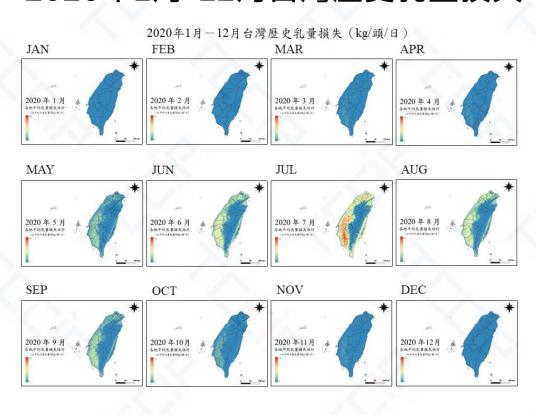
畜牧系統-台灣分析案例



歷史情境下THI的變化趨勢



2020年1月-12月台灣歷史乳量損失

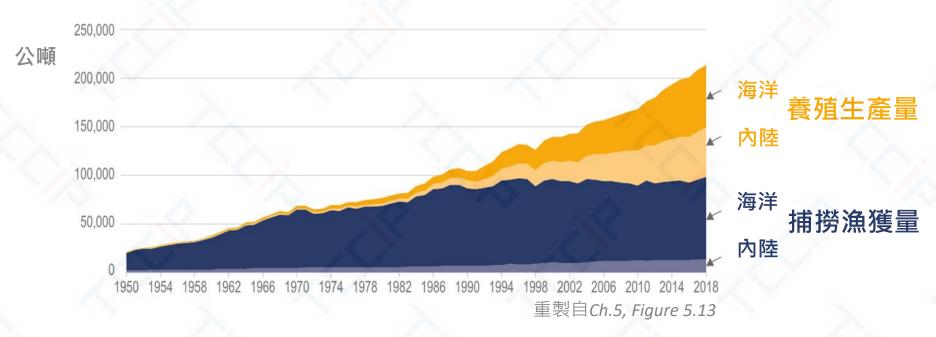




漁業系統-全球漁產變遷



世界水產養殖和捕撈漁獲量



- 世界 10-12% 人口的生計依賴捕撈漁業和水產養殖。在全球範圍內,魚類提供超過 33 億人,其人均動物蛋白攝入量的 20%。
- ▶ 1990 年代以來,總體捕撈漁業產量一直保持相對穩定,2018 年達到 9640 萬噸,其中佔 87% 以上生產來自海洋環境,其餘來自內陸漁業。
- 約6000萬人直接就業在漁業價值鏈中,從捕撈到銷售;其中約95%為 從事低收入和中等收入國家的小規模漁業,其中近一半是女性。



漁業系統-海洋環境變遷



海水之物理及化學特性變化

➤ 海面水溫(sea surface temperature):

從 1850-1900 年到 2011-2020 年,平均升高 0.88度

➤ 海水pH值:

公海表層海水 pH 值在過去 40 年中,每十年下降 0.003-0.026 ,並且在所有海洋盆地都觀測到海洋 pH 值的下降。

> 溶氧:

1970 年至 2010 年間, 0-1000 m 深的海水層, 溶氧減少 0.5-3.3%。

▶ 鹽度:

鹽含量正在重新分配並有越來越明顯的垂直分層







內陸養殖漁業系統-未來氣候衝擊



Assessment of projected impacts of climate change on inland freshwater and brackish aquaculture, and marine aquaculture



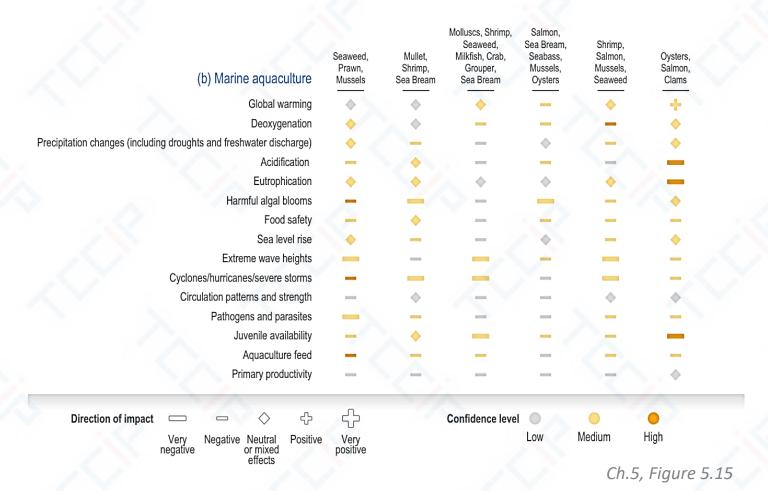
Ch.5, Figure 5.15

- > 鹽度侵入淡水水產養殖系統 改變內陸的氧氣和水質
- 迅速的溫度改變和降水、乾 旱、洪水和侵蝕的變化造成 水產養殖者的巨大生產損失
- 與變暖相關的藻華和內陸湖 泊褐變會對魚類生物量產生 負面影響



海洋養殖漁業系統-未來氣候衝擊





- ➢ 海面養殖如同海洋漁業受海面水溫、海水pH值、溶氧、鹽度等因子改變之影響。
- 全球變暖、海平面上升和極端事件增加對海洋水產養殖的生產力影響。
- 寄生蟲感染的增加與更高的 鹽度和溫暖的水域有關。



內陸養殖漁業系統-調適選項



Assessment of the likelihood and effectiveness of a range of adaptation options for potential implementation in the near-term for inland freshwater and brackish aquaculture, and marine aquaculture systems

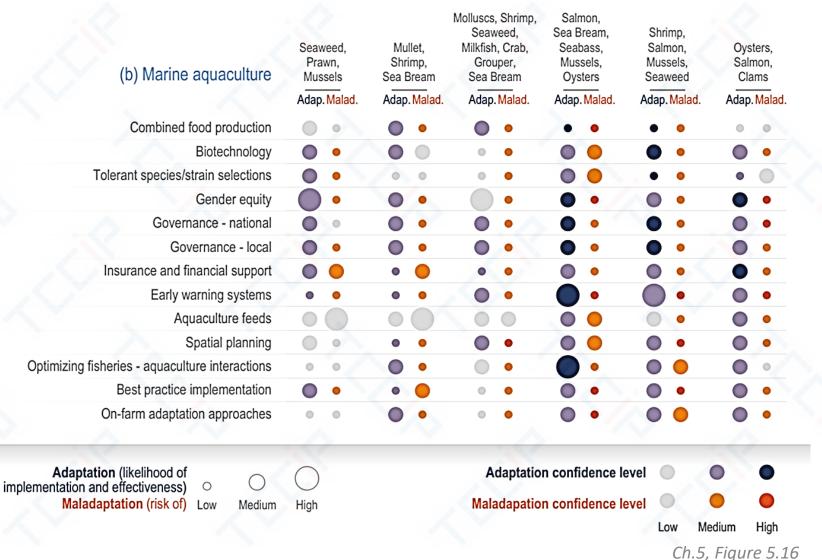
	Afi (Sub-S	rica aharan		Afr (Easi Nortl			ia- cific	Eu	rope	and	America I the obean	Nort Ame	
(a) Inland aquaculture (freshwater and brackish)		Tilapia, Catfish, Carp		Tilapia, Trout, Carp		Tilapia, Catfish, Prawn, Crayfish, Carp, Crab		Carp, Salmonids		Tilapia, Pacu, Salmonids, Carp		Catfish, Crawfish, Trout	
	Adap	. Malad.		Adap	Malad.	Adap	.Malad.	Adap	o. Malad.	Adap	.Malad.	Adap.	Malad.
Combined food production		•		0	0		0			•	0		•
Biotechnology				0		•		Ŏ		•			•
Tolerant species/strain selections					•	•				•			0
Gender equity		0			•		•		0		•	•	•
Governance - national		0			•	0	•		•		•		•
Governance - local	•	•			•		•		•	•	•		•
Insurance and financial support				•		0	•				•		•
Early warning systems	•	•		•	•	0	•		•	•	•		•
Aquaculture feeds	0) •				0
Spatial planning		0		•	•	0	0			•	•	0	0
Optimizing fisheries - aquaculture interactions		0		•	0		0		•	•			•
Best practice implementation	0	•		•			•		0	0	0		•
On-farm adaptation approaches	•	0		•	•	0	•	0	•	•	۰	•	•
Adaptation (likelihood of implementation and effectiveness)						Adap	tation co	onfide	nce lev	rel 🔵			
Maladaptation (risk of) Low Medium High						Maladap	ation co	onfide	nce lev	rel Low	Medi	ium l	-ligh



Ch.5, Figure 5.16

海洋養殖漁業系統-調適選項







漁業系統-調適選項



捕撈漁業

- 漁業中的調適主要是集中在社會經濟層面,特別是治理和資源管理。由於多數漁業規模不大,故目前相對較少的調適作為。
- 過度捕撈是最影響漁業永續的關鍵而非氣候驅動因素,因此改善管理可以幫助重建魚類資源,減少對生態系統的影響並提高適應能力。
- 漁業部門可發展的調適策略是發展辨識氣候變遷下可能出現的新機會,協助漁民改變漁業目標種類甚至從事不同的生產活動。
- 關鍵因子是透過設計和實施具彈性的配額許可、重新思考漁業邊界。
- 商業魚類需調整多邊條約和其他用於管理共享跨界資源的法規。

養殖漁業

- 物種選擇和育種
- 魚塭選址和基礎設施
- 早期預警和監測系統



氣候韌性發展路徑-生態性及多樣性



Intensive agriculture vs. agroecological agriculture



Ch.5, Cross-Working Group Box BIOECONOMY.1

左圖:

高投入集約型農業。目標 是少數作物品種的高產, 大田野,沒有自然棲息地。

右圖:

農業生態農業。提供生態系統服務, 依賴作物和動物多樣性,整合植物和 動物生產,具有較小的田地和半自然 棲息地。



氣候韌性發展路徑-混作生態系統



- ▶混合作物 畜牧系統
- ▶混合作物 水生系統
- > 混農林業





來源:雲林縣政府農業處

混作生產以達到控制雜草、害蟲和疾病的機會, 幫助對環境友善,例如增加土壤碳和土壤保水, 增加生物多樣性並減少對無機肥料的需求

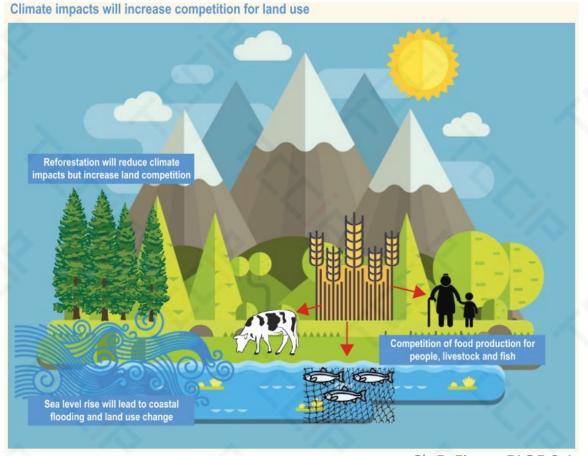


來源:公視-我們的島 ep.714



氣候韌性發展路徑-土地利用規劃





Ch.5, Figure FAQ5.3.1

氣候影響將加劇對土地使用的競爭,減少沿海種植作物的土地並影響糧食安全弱勢群體。沿海水產養殖和重新造林等調適方法可減少氣候帶來的影響,但可能會增加土地競爭。



謝謝聆聽 敬請指教



