

AR6 WG II

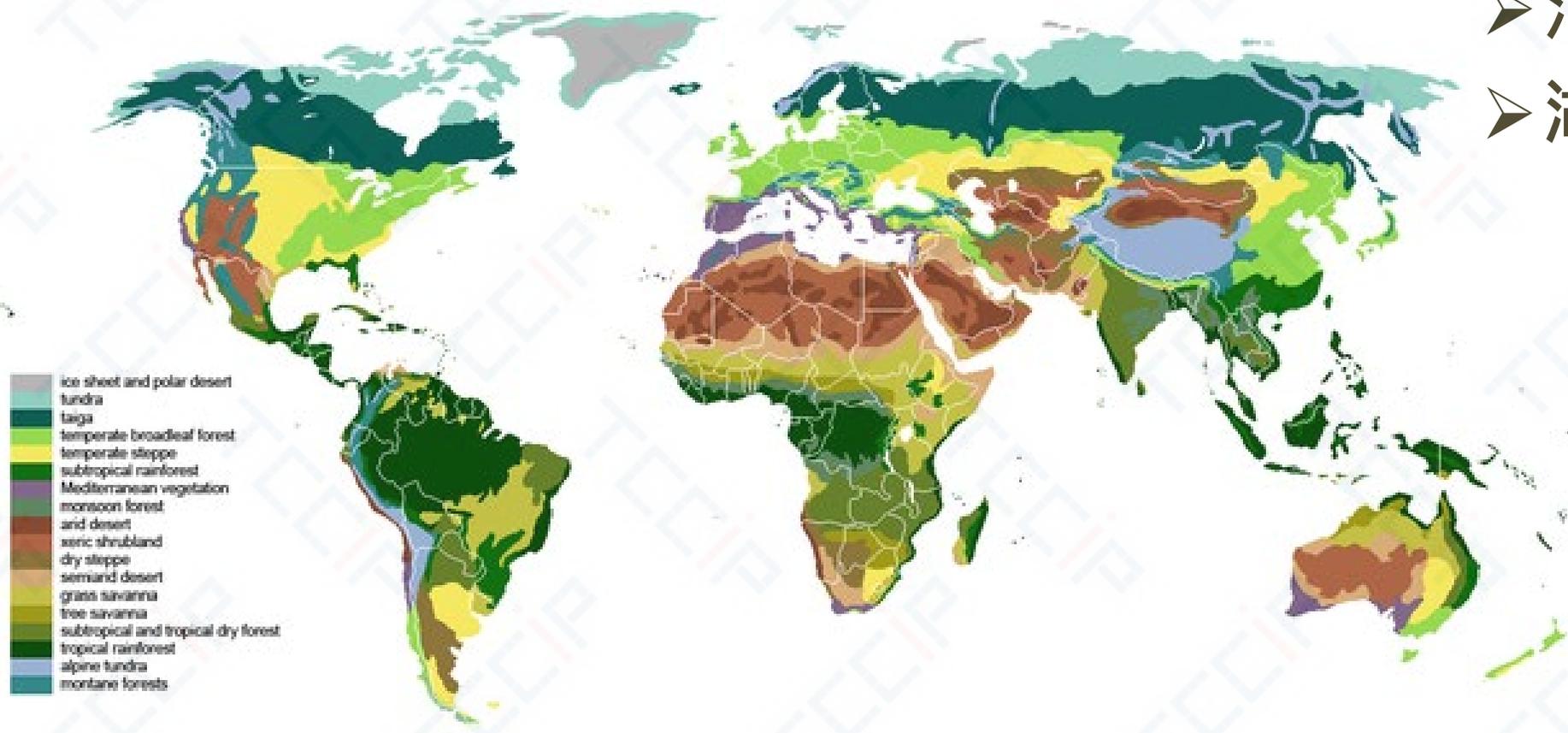
第二章 陸域及淡水生態系及其服務



2022.09.14

陸域範圍內的物區系？

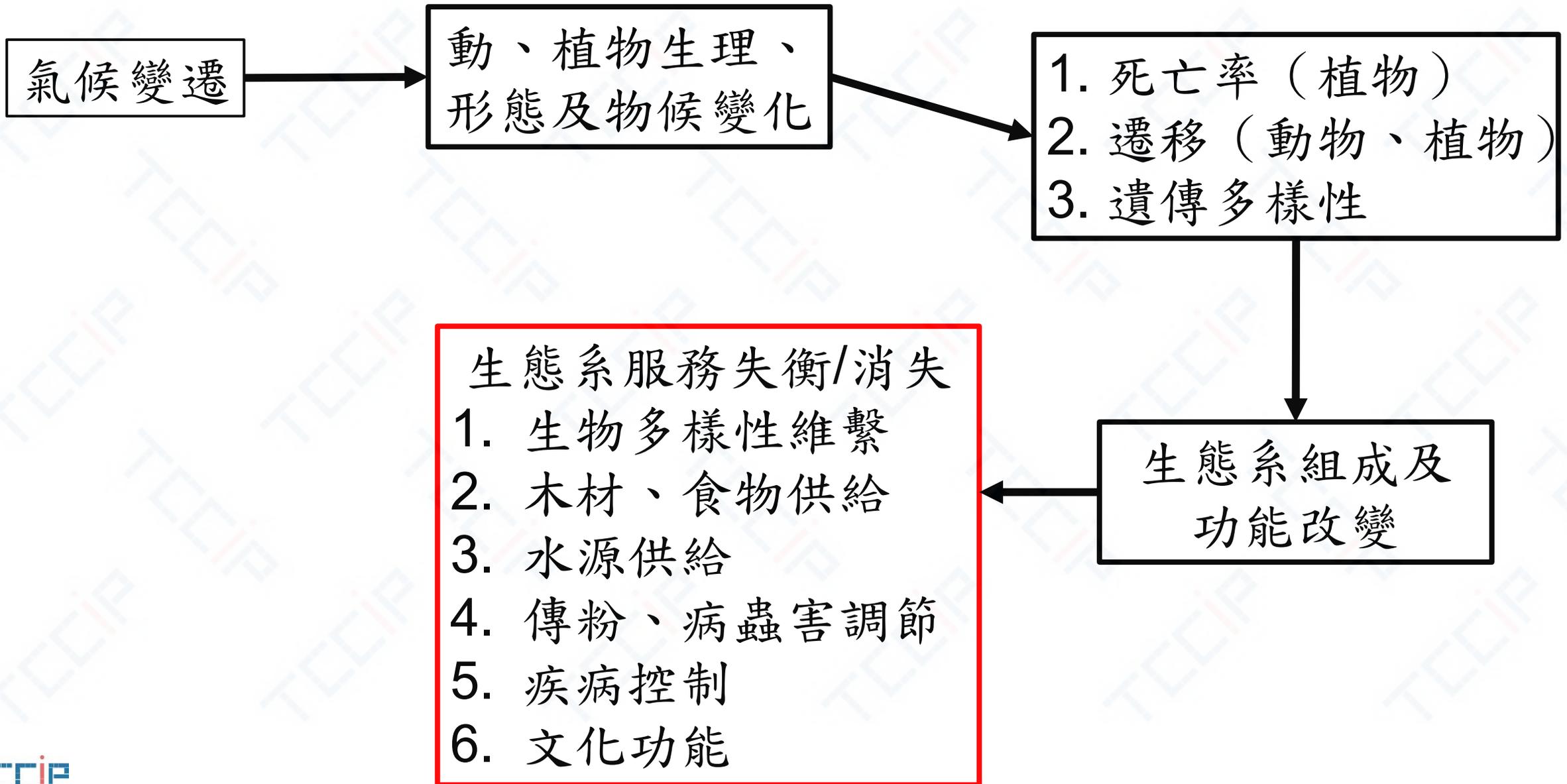
- 凍原
- 寒帶森林
- 溫帶森林
- 草原
- 莽原
- 沙漠
- 熱帶雨林



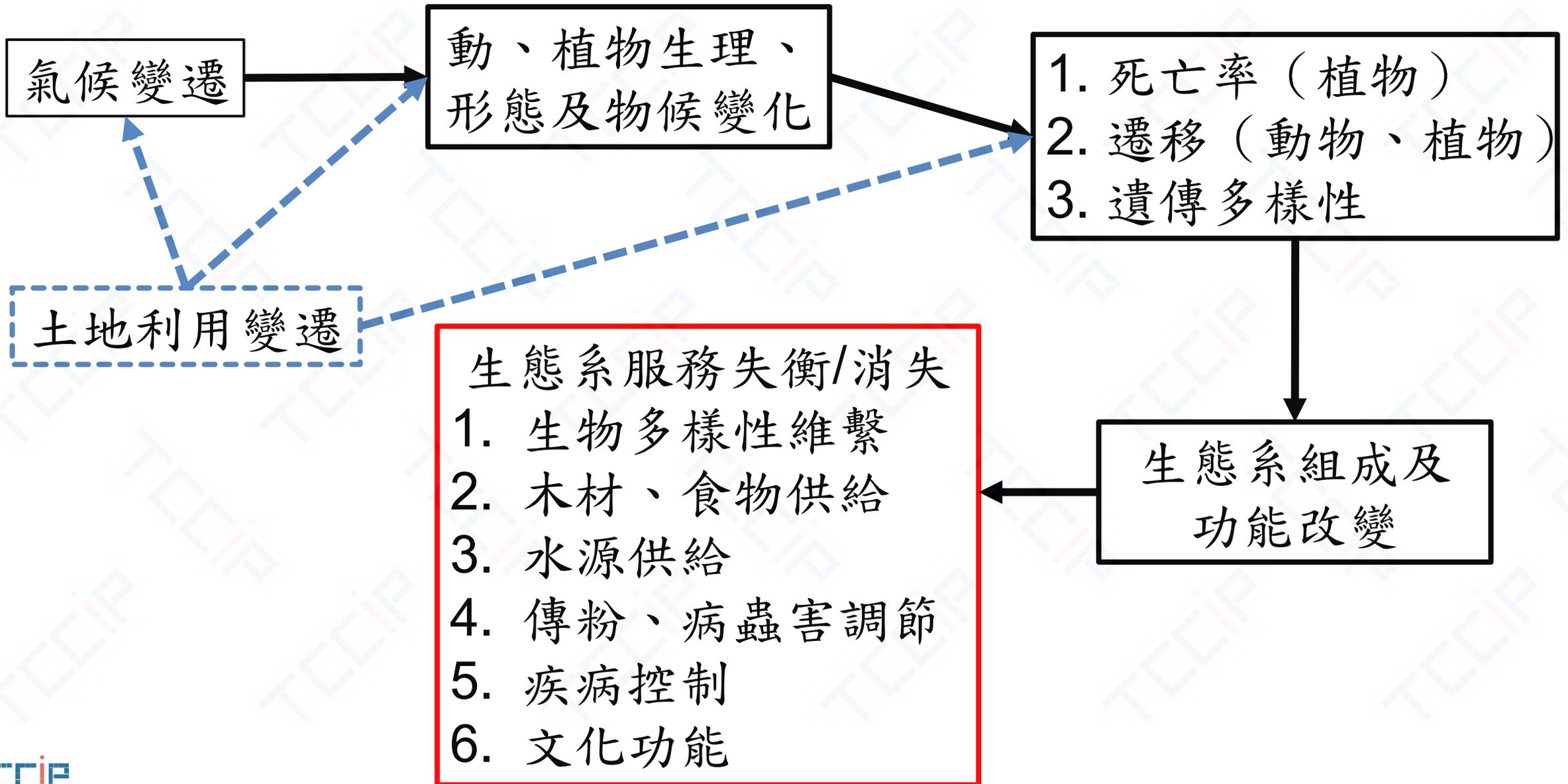
- 冰川
- 河川
- 湖泊

Picture source: Sten Porse, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3344457>

氣候變遷對陸域生態系及功能之影響



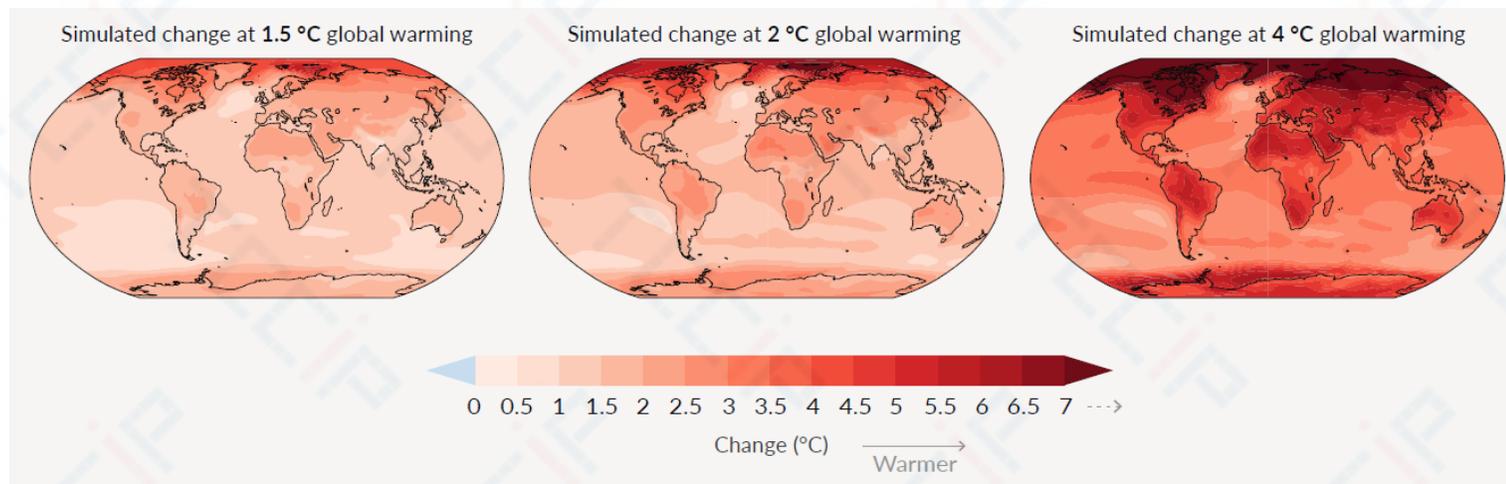
氣候 + 土地利用變遷對陸域生態系及功能之影響



全球地表均溫及雨量之變化

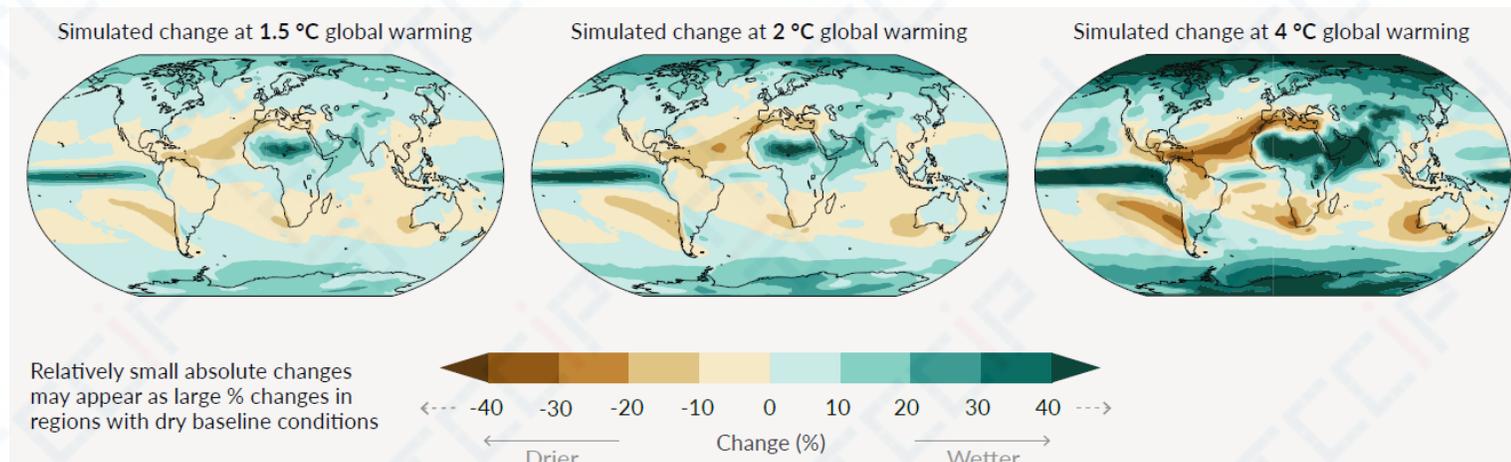
➤ 氣溫：

- 全球性的升溫趨勢
- 各地區升溫程度不同
 - 極地升溫幅度最大
 - 陸地升溫幅度大於海洋



➤ 雨量：

- 全球雨量分佈極端化
- 兩極及熱帶地區雨量增加
- 亞熱帶及溫帶地區多趨向乾旱，少數地區預估將面臨雨量遽增



生理及形態變化

➤ 性別比變化：

- 爬蟲類的性別與孵化時的溫度有關，氣候變遷可能改變族群內的性別比例

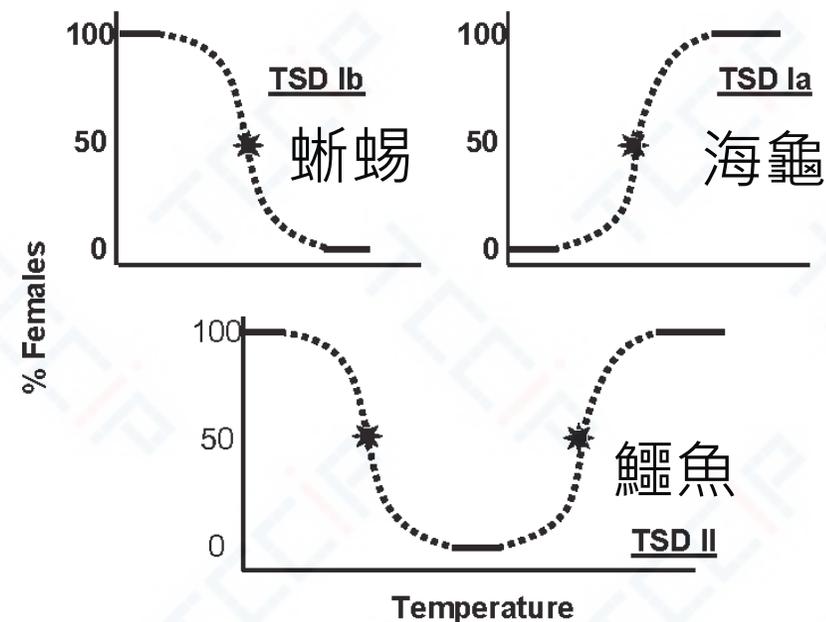
➤ 體色變化：蝴蝶、蜻蜓、竹節蟲、甲蟲之體色可能與反射陽光以調節體溫有關

➤ 體型大小變化：

- 氣候變遷導致食物量變化，可能造成四肢長度或頭骨大小變化（花栗鼠）
- 水生細菌、浮游生物、魚類體型變小（或轉變成小型魚類為主之組成）

營養

天敵捕食



By Vanlenzuela et al. 2004

行為及物候變化

➤ 候鳥遷徙提早？

— 證據微弱

➤ 氣候變遷導致外來種入侵？

— 入侵成功與否受到氣候變遷、人為播遷、天敵等因素影響

— 氣候變遷為極地入侵種增加之主因、在溫帶及熱帶之重要性較弱

➤ 春訊（展葉及開花）提早？

➤ 秋訊（紅葉及落葉）延遲？

生長季延長

物候變化導致交互關係組合的變動

- 氣溫升高會導致部分物種提前發育，部分物種延遲發育
- 當植物與動物(食草與天敵)的物候期重新組合，勢必發生新的交互關係或錯配 (mismatch)

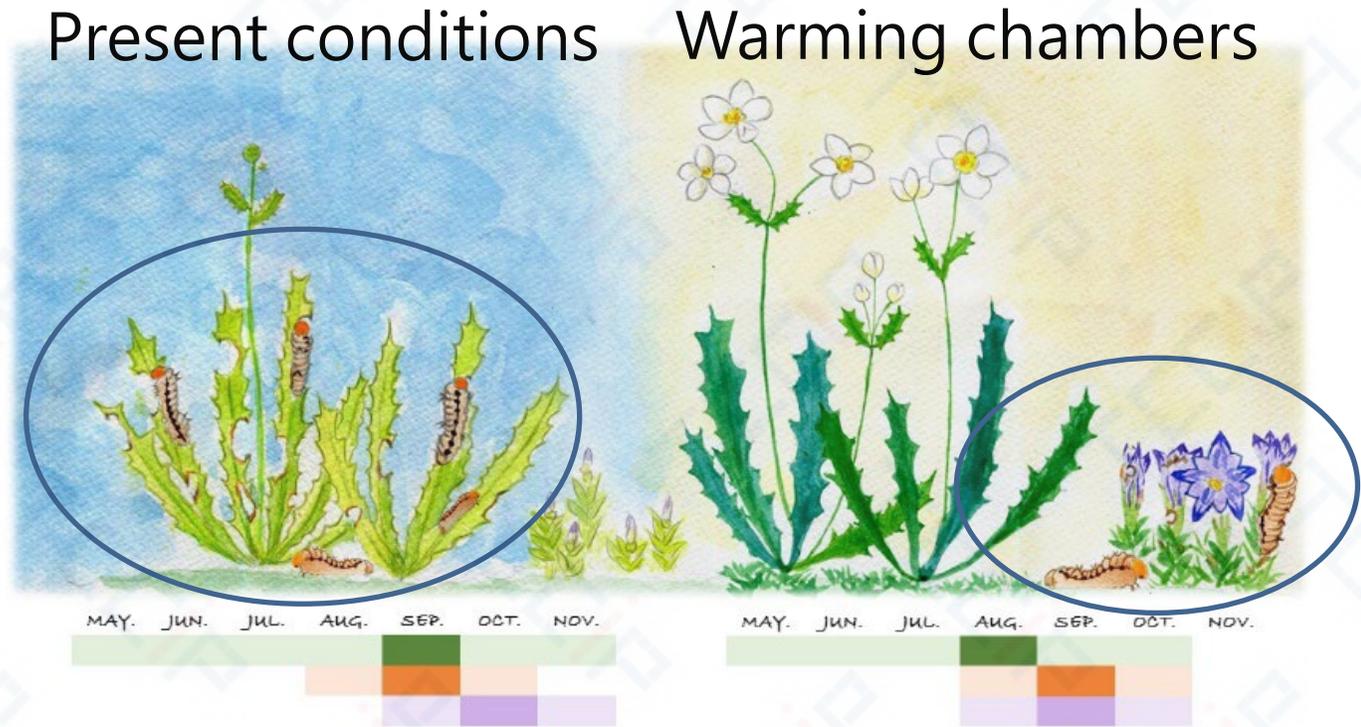
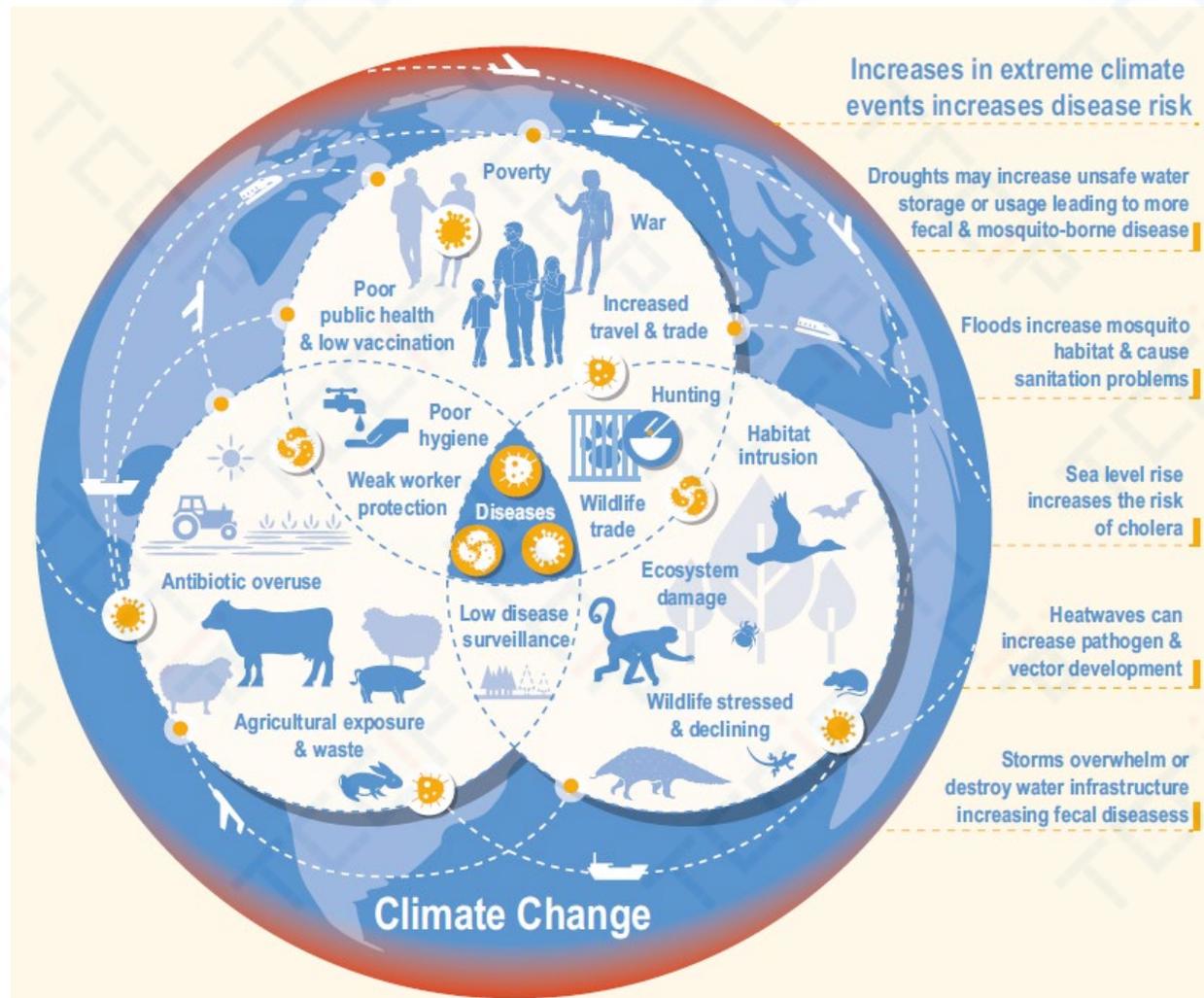


Illustration for results in Liu et al 2011

生長季延長與疾病

- 寄生蟲傳染時間增長
- 蛙壺菌分布改變
 - 向極地方向延伸
- 蟲媒生長季增長
 - 一部分昆蟲可增加一個世代



➤ 氣候變遷相關因子

- 乾旱
- 水患
- 熱浪
- 風暴

生物的多元調適

生理調適 (彈性 vs. 限度)

- 生物之生理表現具有彈性，可隨環境條件變化調整
- 生理彈性有一定限度

遷徙 (播遷能力與速度)

- 播遷能力強者較不易受到地區性氣候限制
- 播遷能力強者可提高族群遷徙速度

族群存活

雜交

演化 (世代長度與基因多樣性) :

- 世代時間較短者，較有機會演化出新性狀 (pitcher-plant mosquitoes, 果蠅)
- 體型較小者世代時間通常較短 (如，昆蟲 vs. 哺乳類)
- 族群內基因多樣性多者，較有機會演化出新性狀
- 族群大者通常有較高的基因多樣性

氣候無關之
隨機性狀

全球主要生物區系之變化

➤ 樹木入侵矮植被

- 極地凍原、北美洲、中美洲、歐洲、亞洲
- 主因：CO₂施肥、雨季及雨量變化、升溫

➤ 植被入侵沙漠

- 北美洲、南非
- 主因：CO₂施肥、雨季及雨量變化、放牧

➤ 矮植被消失

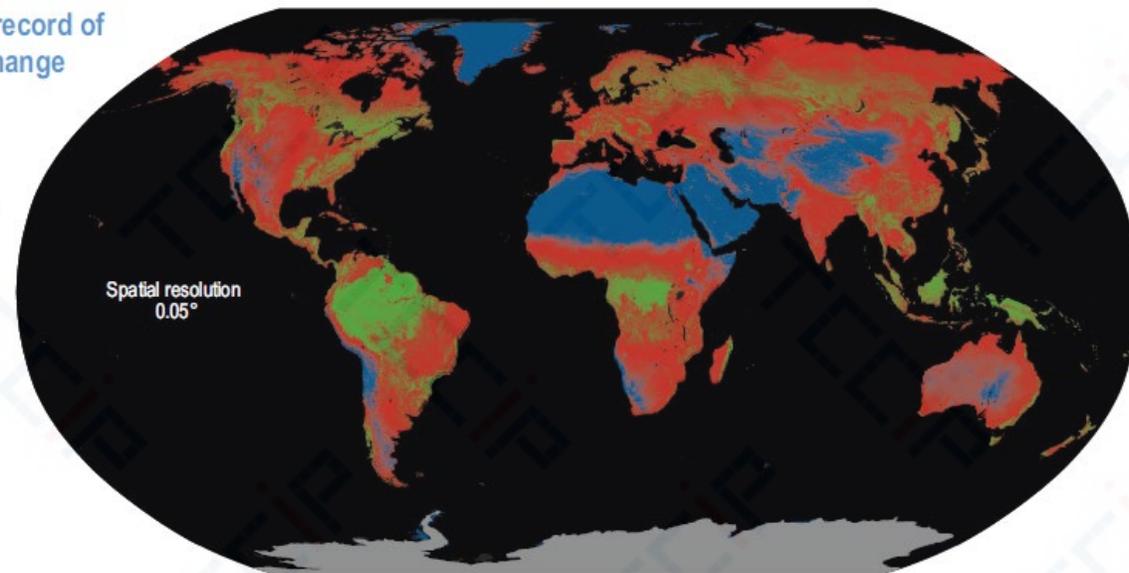
- 北美洲（加州）、南美洲、亞洲、地中海區域
- 主因：乾旱導致樹木死亡

➤ 森林消失

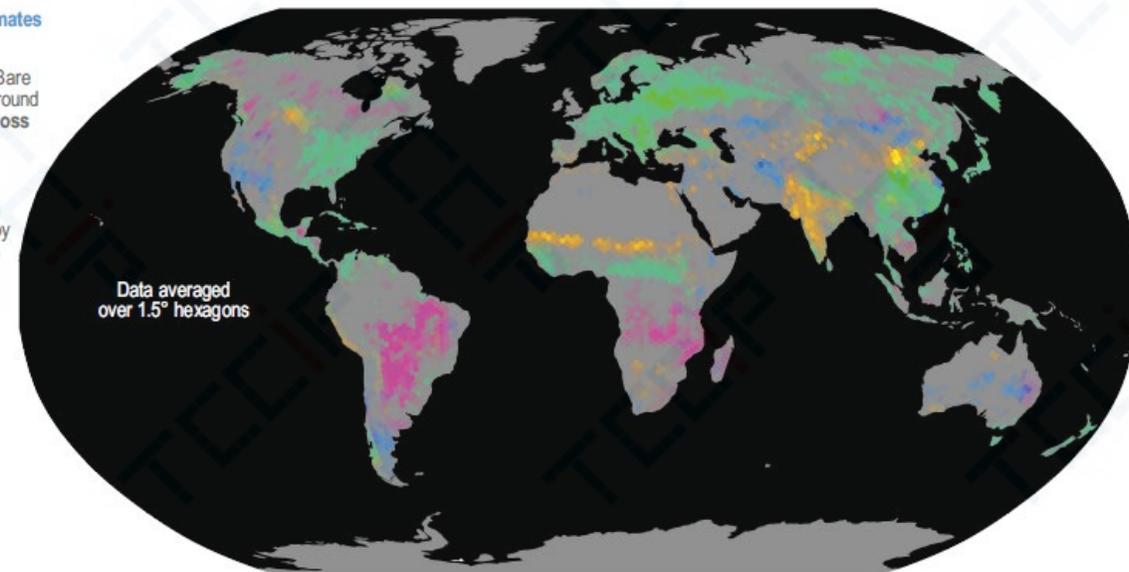
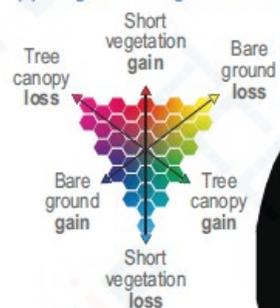
- 熱帶地區、北美洲、非洲
- 主因：乾旱、火災、伐木、土地利用

A satellite-based record of global land use change (1982–2016)

(a) Mean annual estimates
● Tree canopy cover
● Short vegetation cover
● Bare ground cover



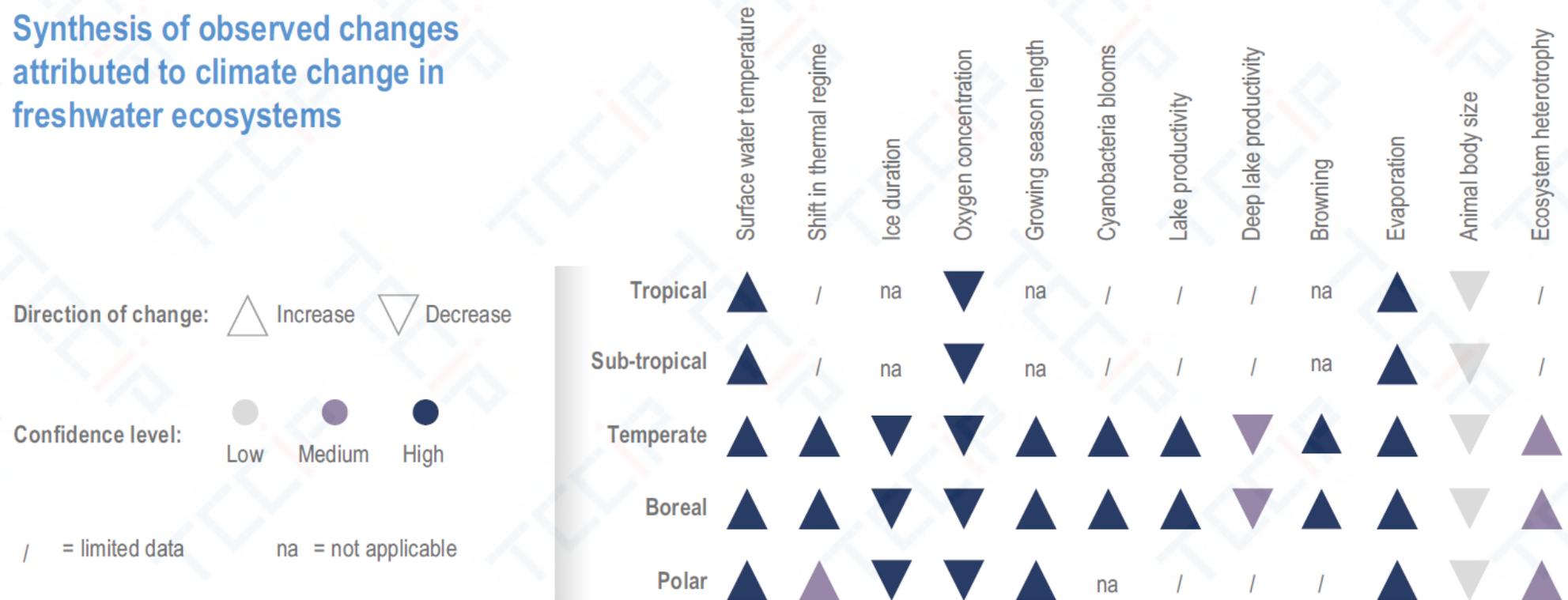
(b) Long-term change estimates



生態系變化及生態系服務：淡水生態系

- 全球淡水生態系的各種物理化學特性的確呈現變化，且變化方向一致
- 這些變化對水體中的動物多為負面影響

Synthesis of observed changes attributed to climate change in freshwater ecosystems



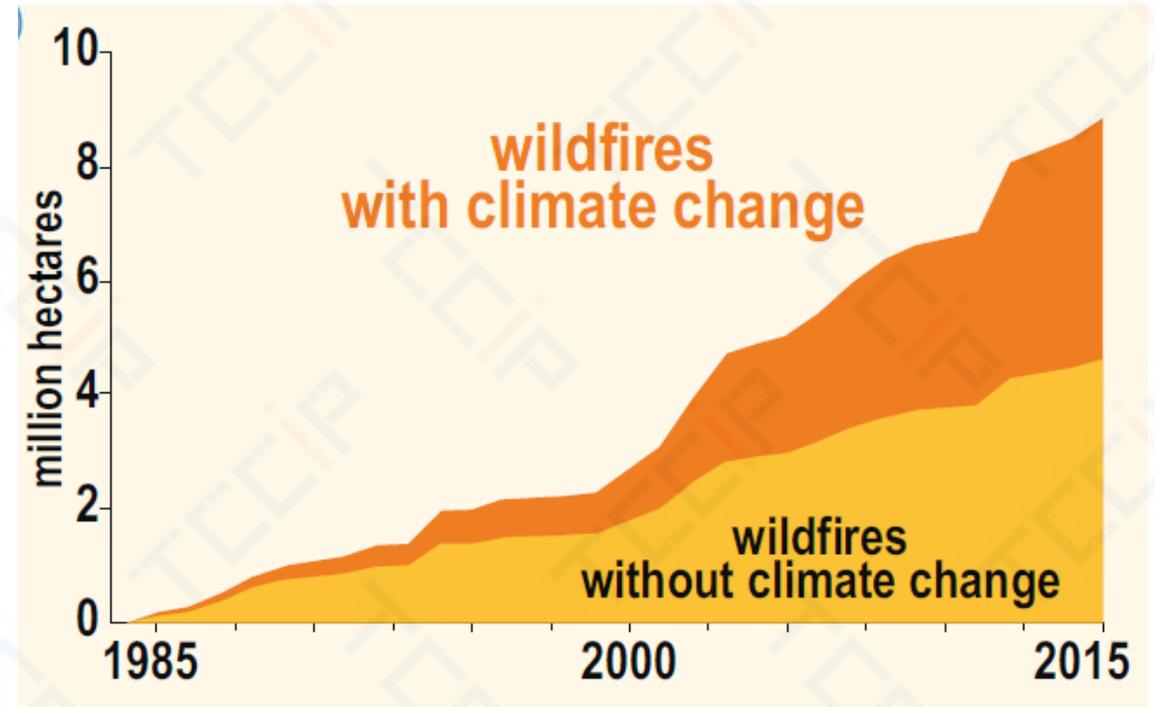
生態系變化及生態系服務：森林火災

➤ 燃料累積

- 燒耕、放牧：非洲、亞洲、南美洲
- 火災抑制：北美洲、澳洲
- 泥碳沼澤排水：北極地區、熱帶亞洲

➤ 火災季節（旱季）增長

➤ 人為活動增加火災頻率



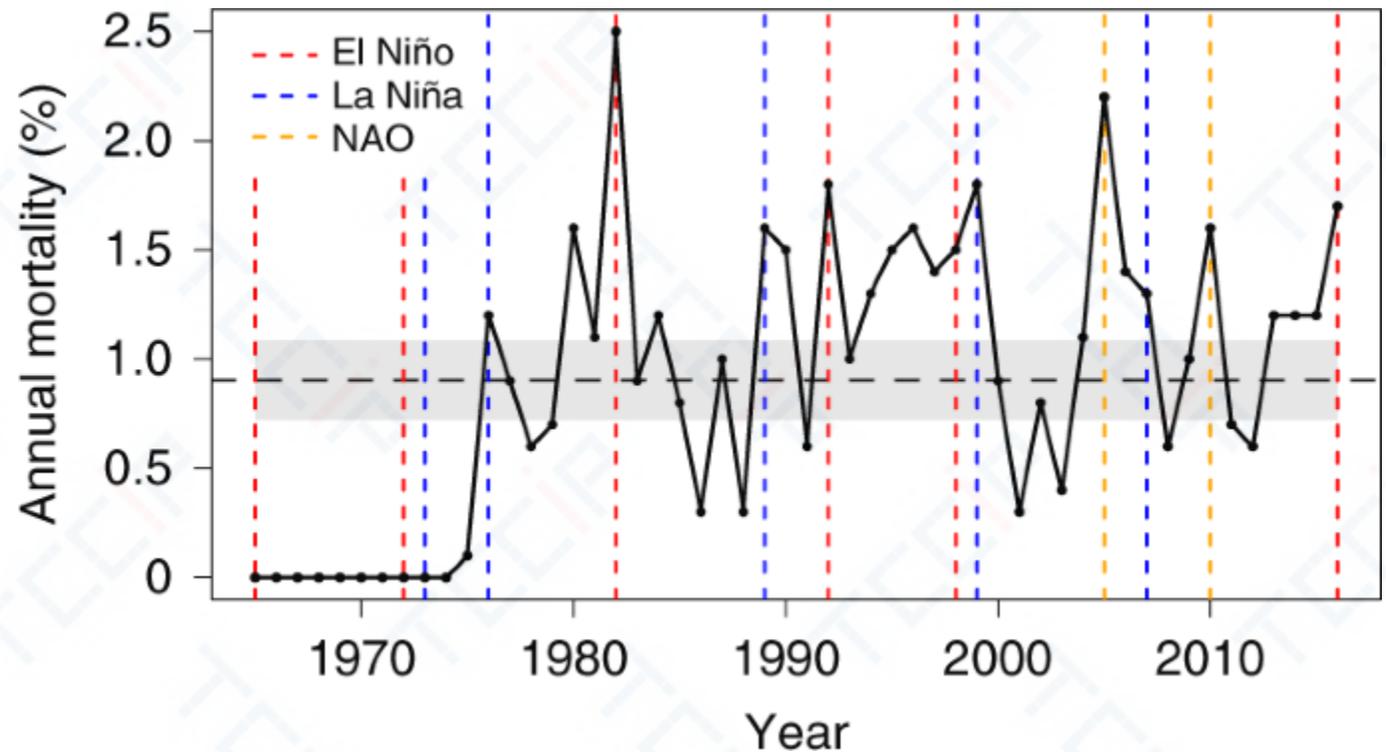
生態系變化及生態系服務：樹木死亡率

➤ 氣候相關因素

- 乾旱
- 火災
- 蟲害

➤ 非氣候相關因素

- 伐木
- 家畜啃食
- 空污

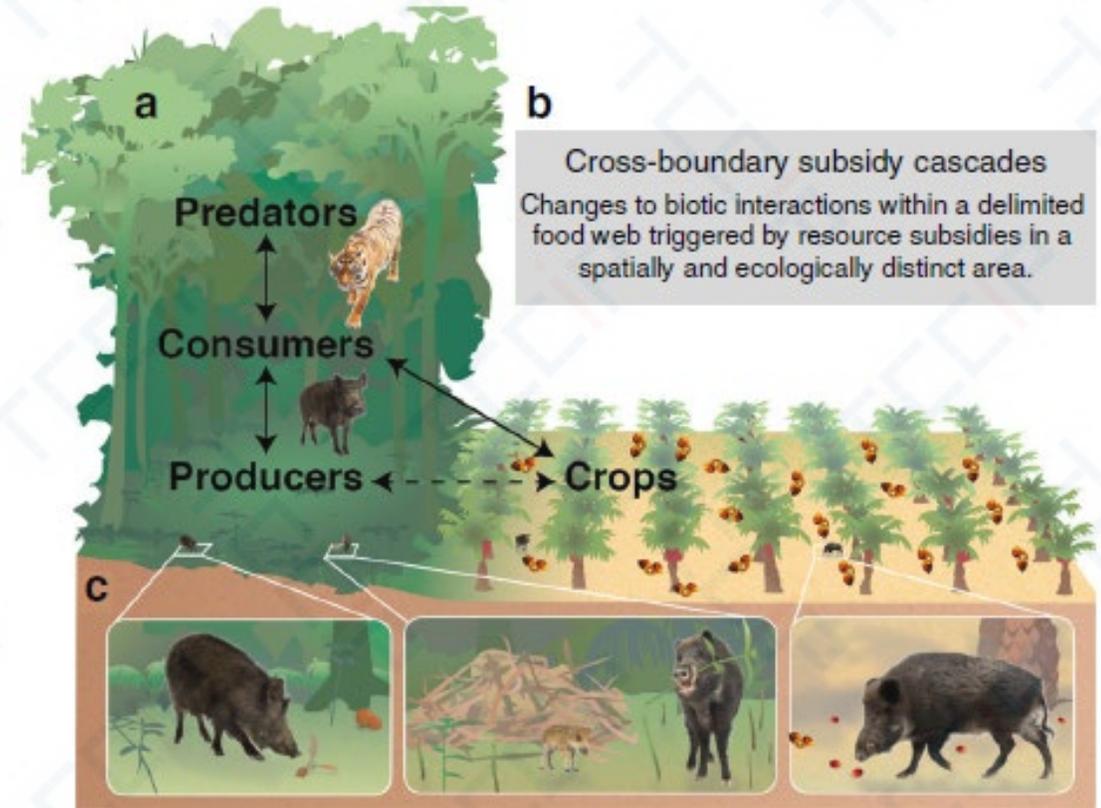


亞瑪遜森林樹木死亡率與聖嬰及反聖嬰有關

Aleixo et al. 2019

建構模型、模擬與風險估計

- **統計模型(statistical model)**
 - 依照現有資訊建立統計模型，再依此推估
 - $Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots$
 - 誤差源：以過去條件（或現況）未來可維持不變、假設資料足夠、假設生物與生境關係緊密
- **機制模型(mechanistic model)**
 - 依照生物的生理特性及各種生物間交互關係建立模型，再依此推估
 - 誤差源：需要縝密的模型（往往知識不足）、多項參數（難以取得）
- **性狀建模(trait-based model)**
 - 利用生物的形態特徵進行建模
 - 通常用於群落或生態系層級，少用於單一物種
- **模型無法涵蓋：**
 - 小型氣候避難所 (micro-climate refuge)
 - 空間尺度 < 20-50km 之細節



Luskin et al. 2017

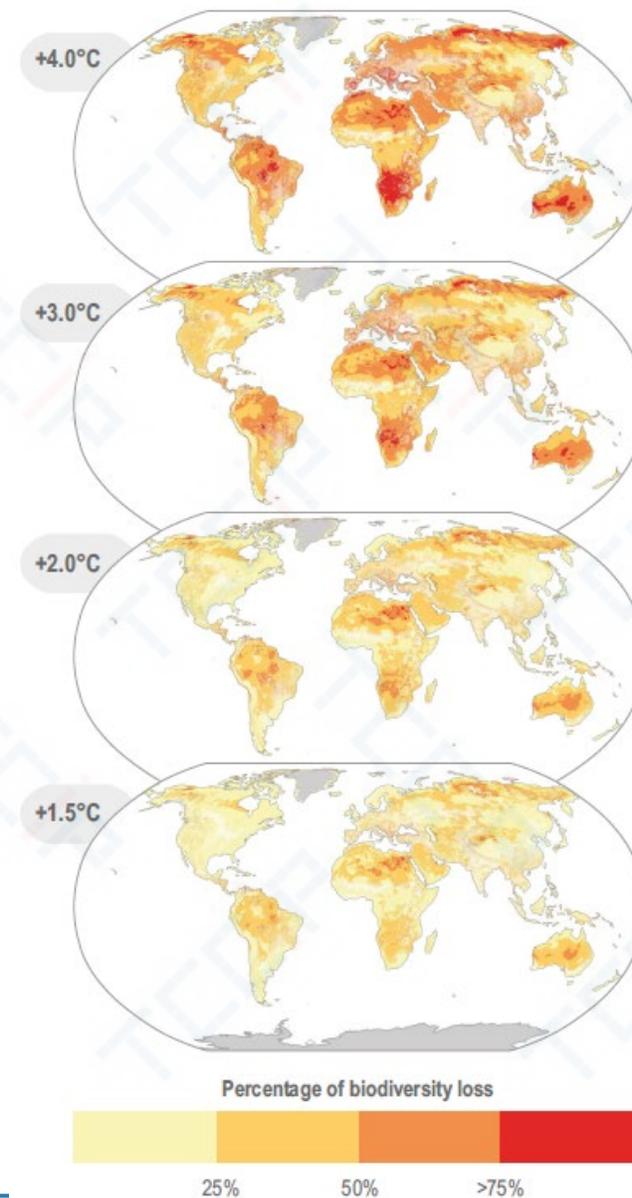
何處將面臨高滅絕率？

➤ IUCN物種瀕危分類標準

- 極瀕危：僅有20%以下的分布地區尚有該物種、未來10-100年內滅絕概率 > 50%
- 瀕危：僅有50%以下的分布地區尚有該物種、未來10-100年內滅絕概率 > 20%

➤ 模擬四個升溫情境下，119,813個物種面臨的風險

- 沙漠與乾旱草原將首先面臨高風險（物種多樣性）



物種滅絕風險

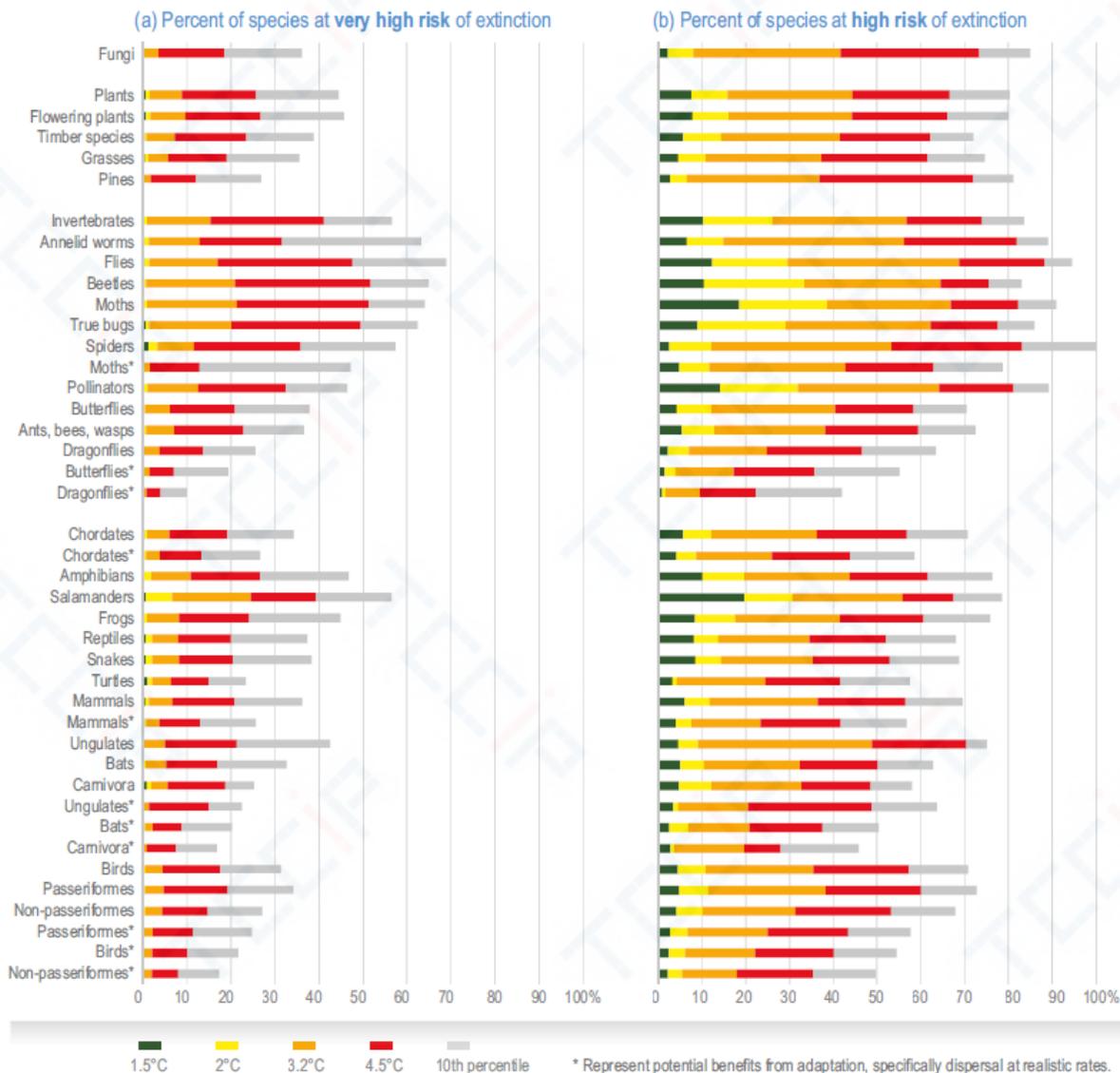
➤ 即使在最低升溫範圍 (1.5°C) 下都面臨高風險之物種所屬類群：

- 開花植物
- 蜘蛛
- 爬蟲類
- 食肉目

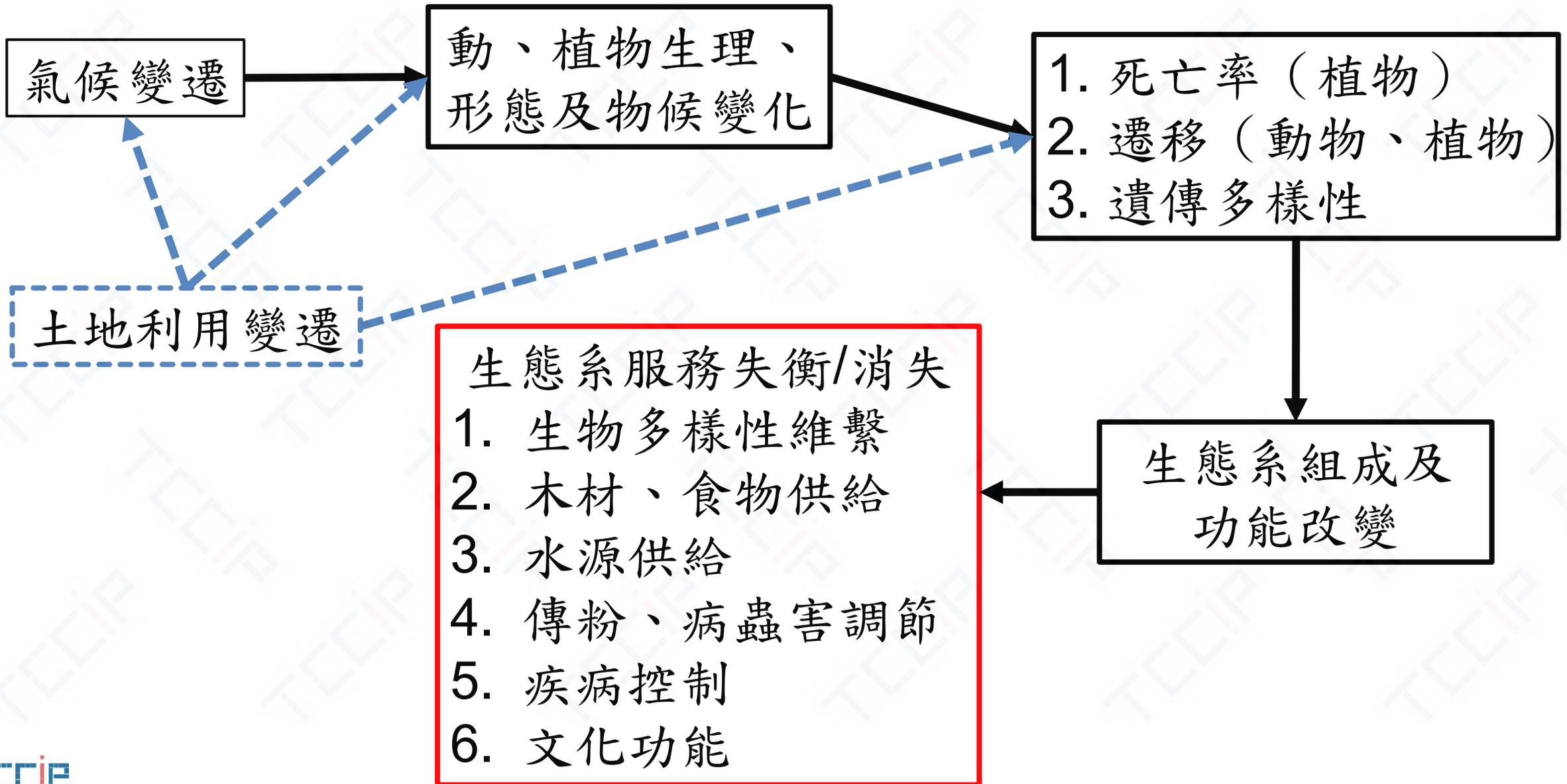
➤ 適應低溫的物種未來將有高滅絕風險

- 遷移速度無法跟上氣候變遷速度
- 致病率較高

Percent of species of different groups classified as being under risk of extinction

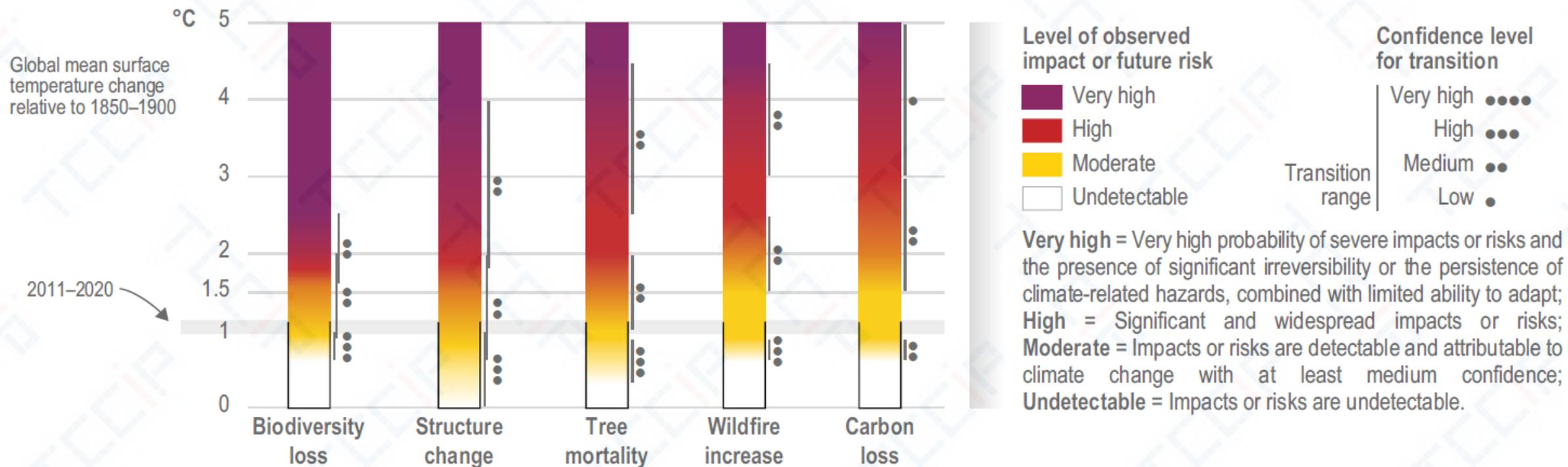


氣候 + 土地利用變遷對陸域生態系及功能之影響



生態系功能變化

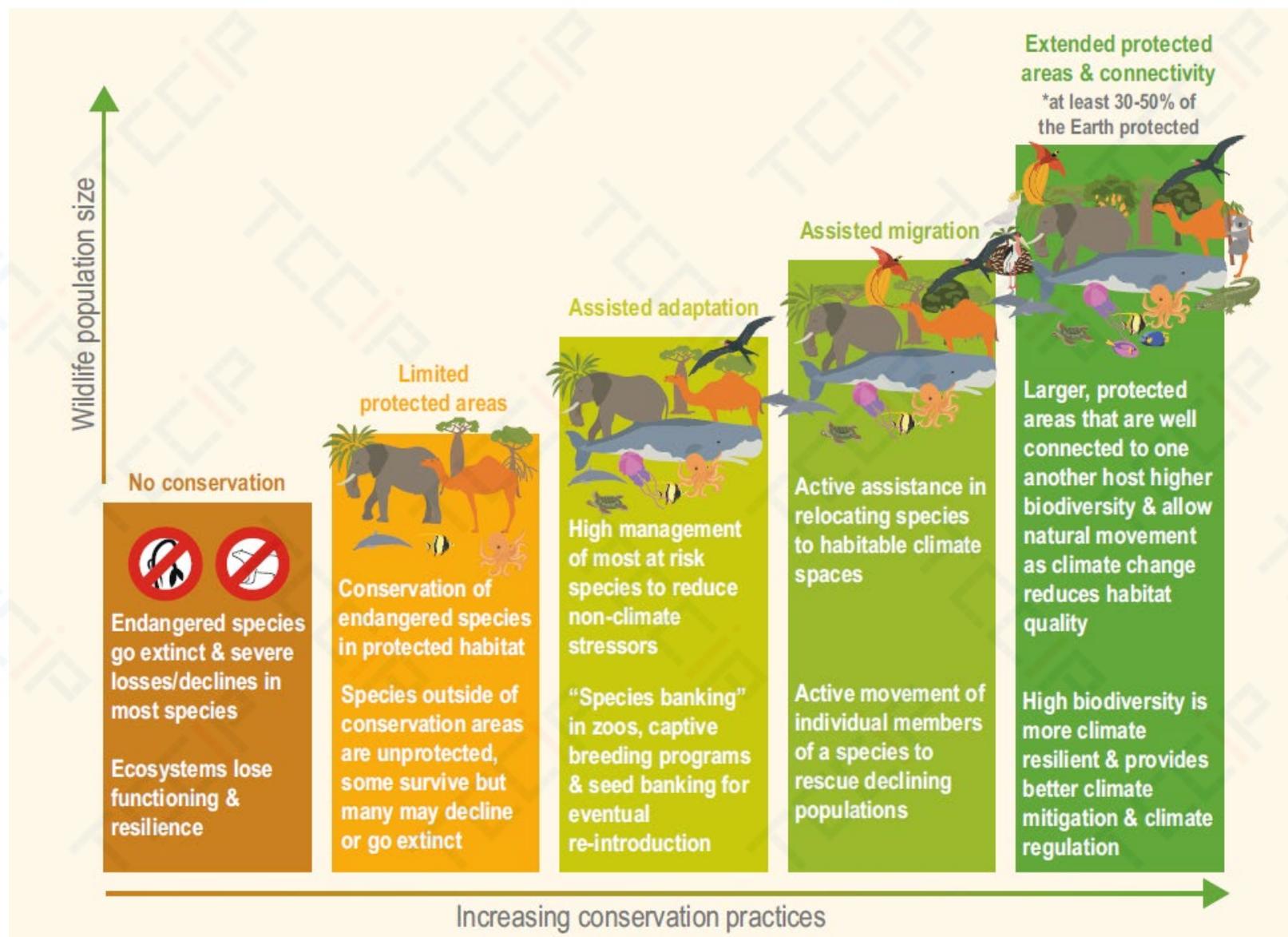
- 從全球尺度來看，氣溫上升幅度增加時，首當其衝的是生物多樣性，其次為生態系的結構及樹木的死亡率。



保育措施的尺度與效果

➤ 隨著保育措施尺度放大，系統中可以自然形成的連結越多對生物多樣性的正向效應越高，系統韌性也隨之增加

- 可含括更多微棲地
- 有利於種子傳播及動物遷移
- 容許大族群生存及促進基因交流



物種及多樣性保育措施

➤ 水文系統治理

- 如濕地、泥碳沼澤之水位維持

➤ 植物族群及群落動態

- 如原生天敵之引入或

➤ 連結度(connectivity)

- 如河道、破碎棲地間的廊道保護

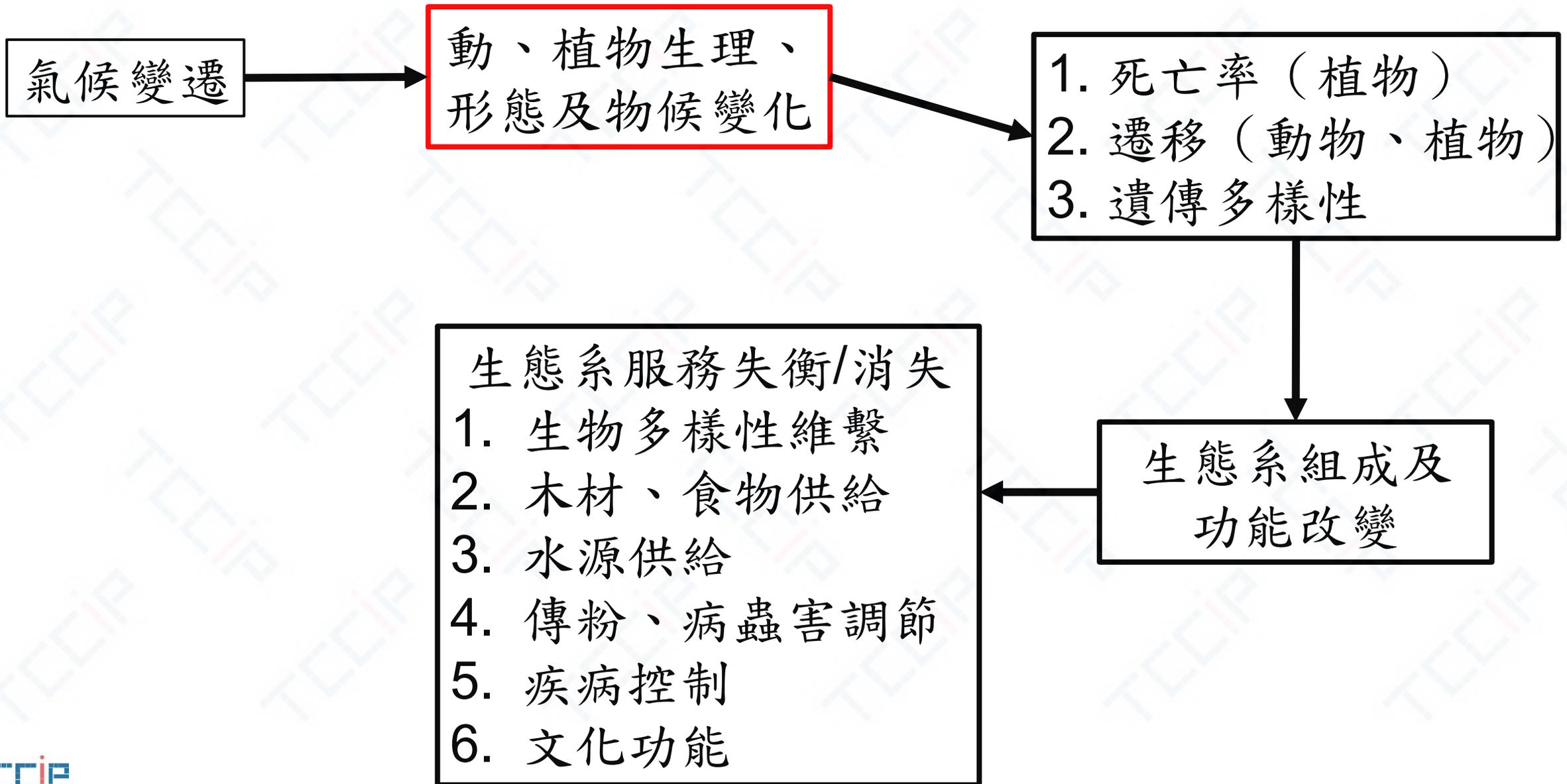
➤ 微棲地之適切營造

- 如遮陰區域

生態系奠基之調適策略 Ecosystem-based Adaptation (EbA)

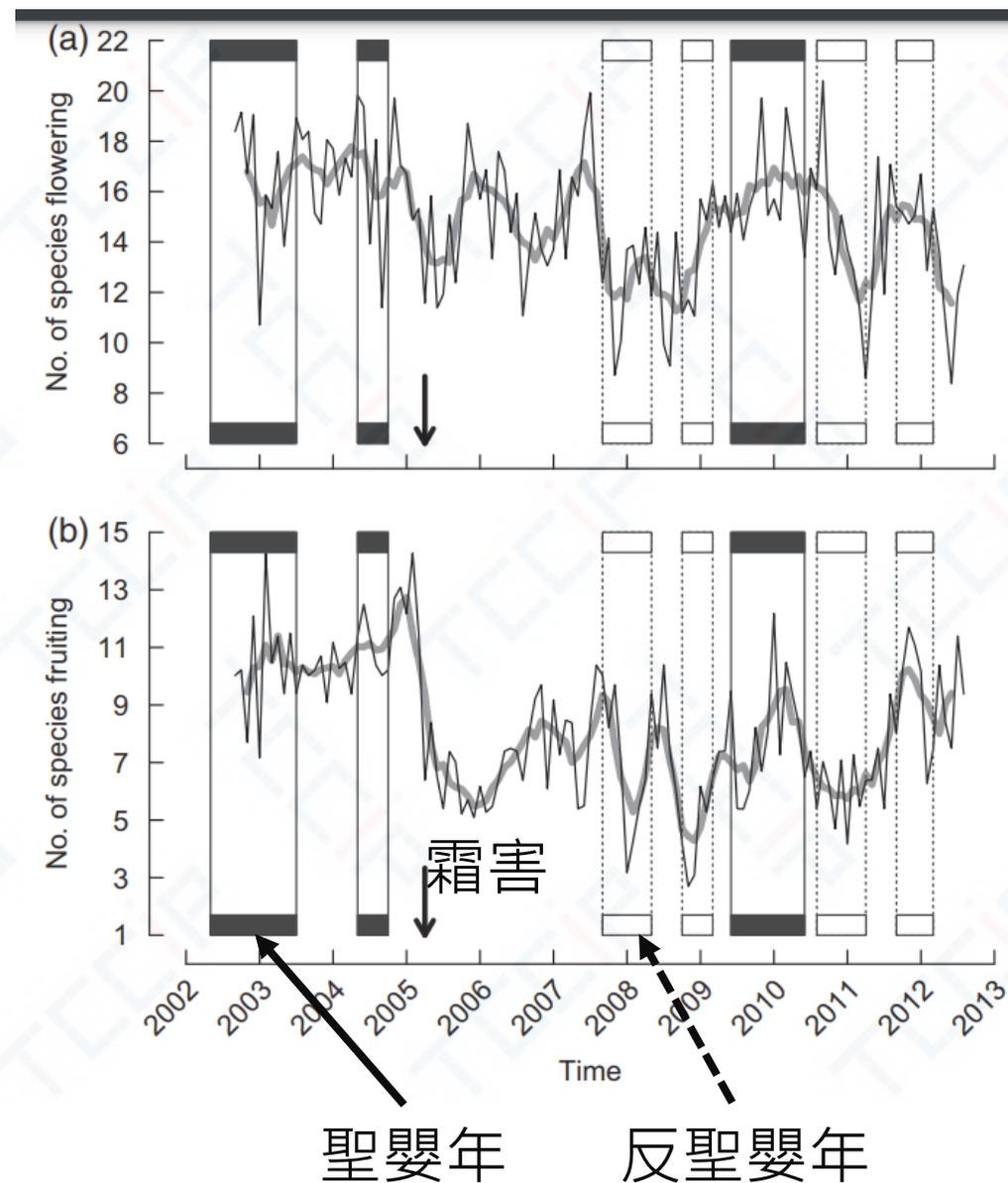
- 由於每一個生態系都有獨特特徵組合，EbA的施用範圍、尺度、手段往往需因地制宜
- 這些調適作為往往帶有功利意味，期望能在周全生態系之際，維護人類社會的福祉
- 例：濕地保育、水質維護與防洪
- 例：植物群落動態維持、植物天敵維持、天然林火週期穩定性
- 例：坡地植栽、土石流及土壤侵蝕之防範

氣候變遷對陸域生態系及功能之影響



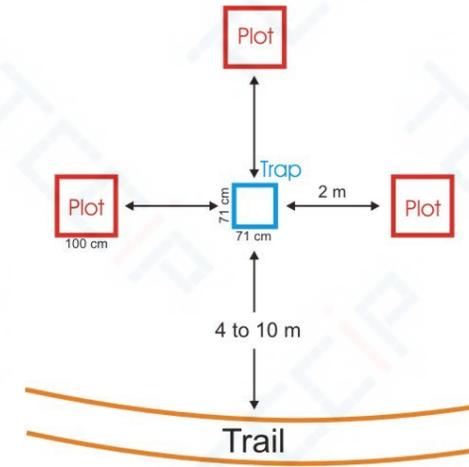
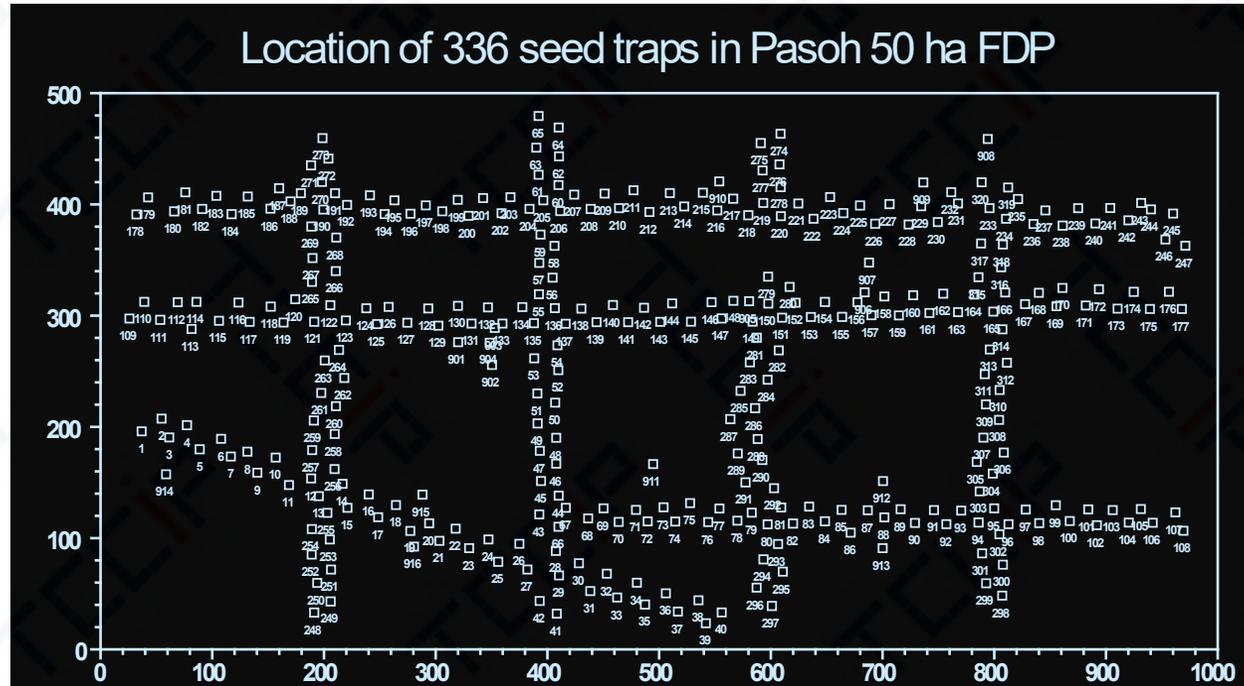
ENSO及極端氣候事件對福山森林植物物候的影響

- 張楊家豪等人自2002年起於福山監測開花及結果資料
- 監測資料顯示，開花和結果量並非年年固定
- 利用10年的物候資料，比對南方震盪指數，發現聖嬰現象與福山森林的開花及結果物候有關
- 然而，極端事件（如霜害）亦可能擾亂（或傷害）植物，使物候時序和強度改變 (Chang-Yang et al. 2016)



尋找樹木開花的引子(trigger) (Chen et al. 2018)

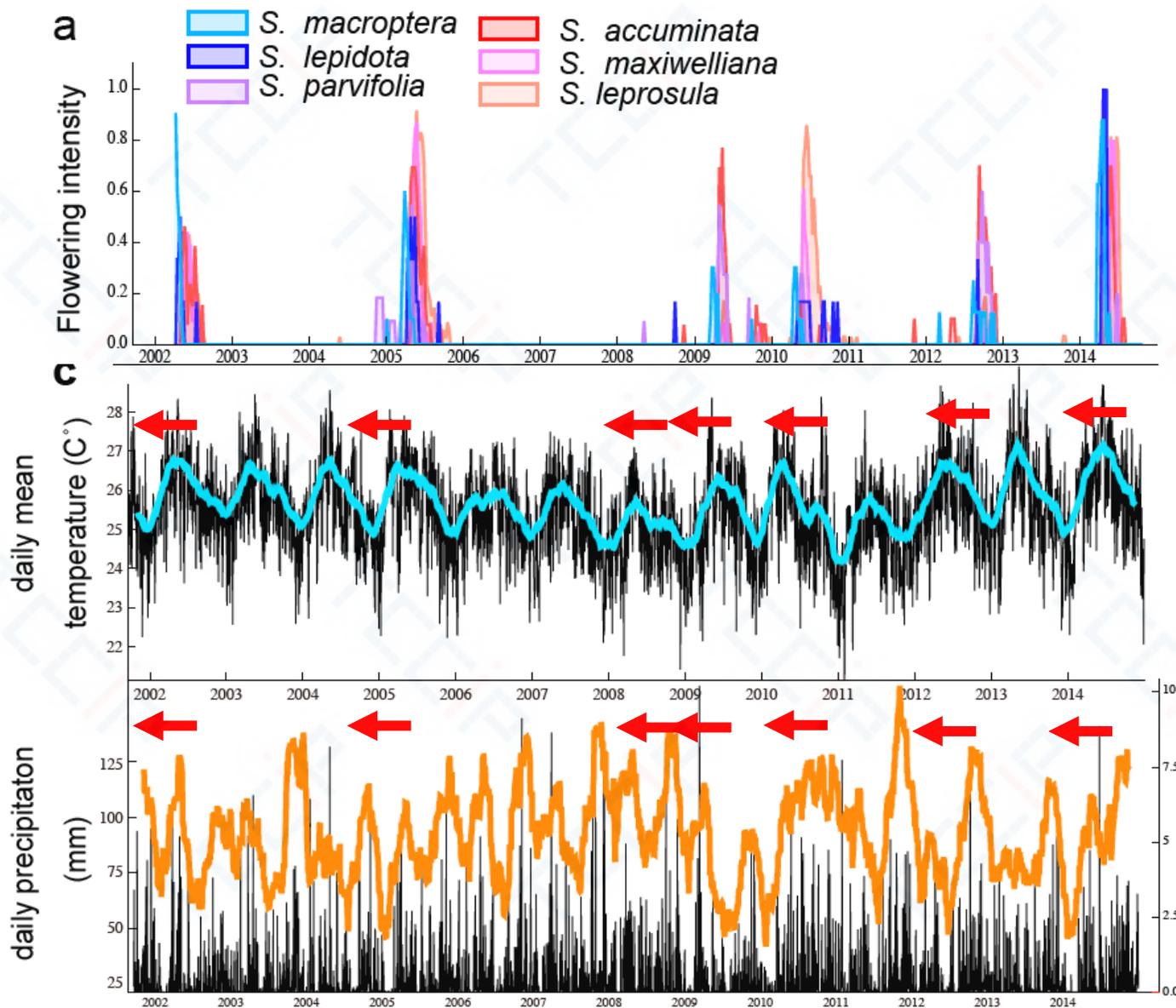
- 馬來西亞帕索森林保護區監測雨林開花物候
- 收集時間：2001/8-



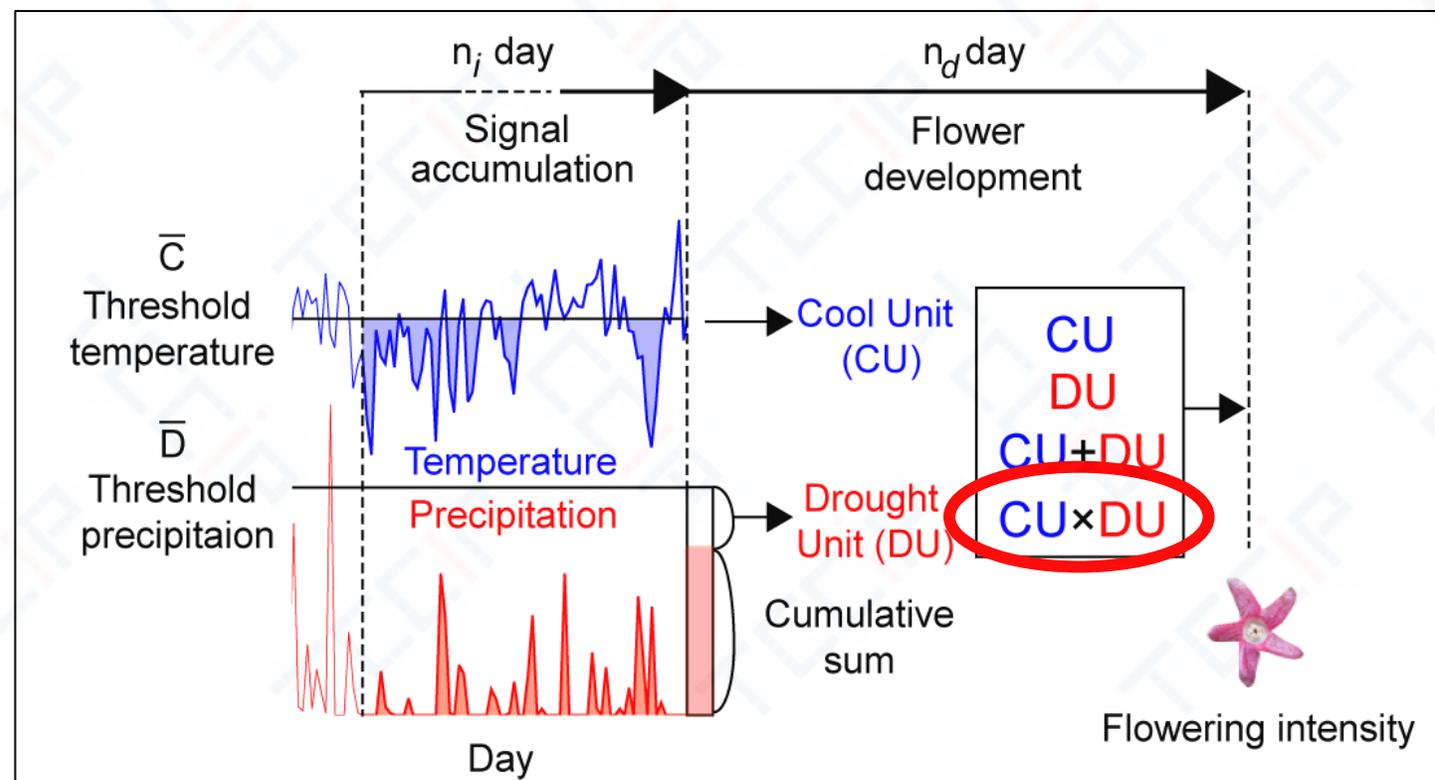
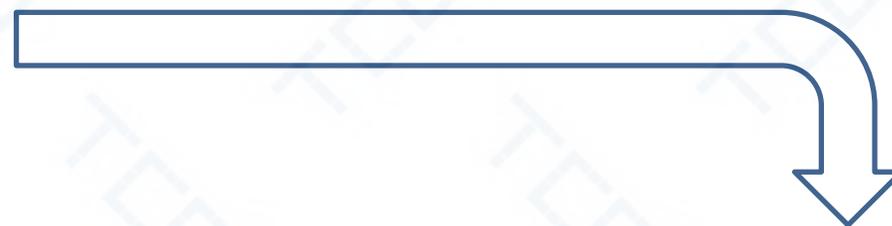
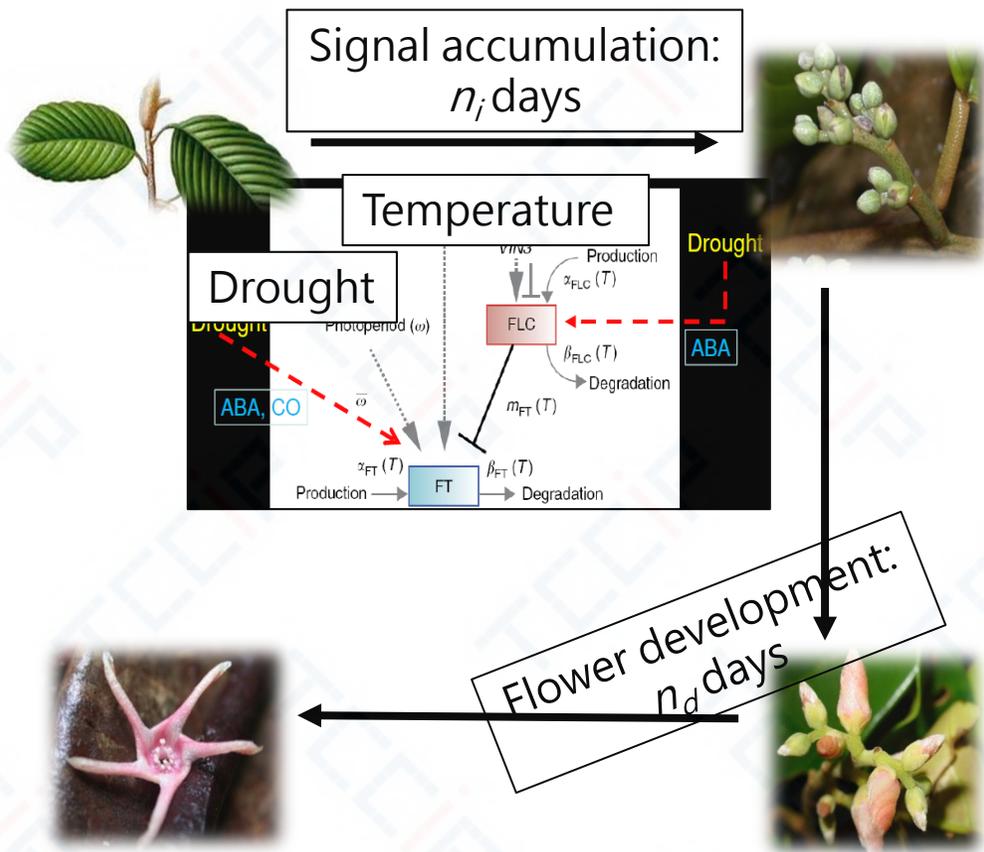
以龍腦香娑羅屬進行建模

➤ 材料：

- 具有多年性開花特性的物種
- 大多數年份中，這些物種均呈現同步開花現象
- 物候資料(14年)
- 氣象資料(15年)

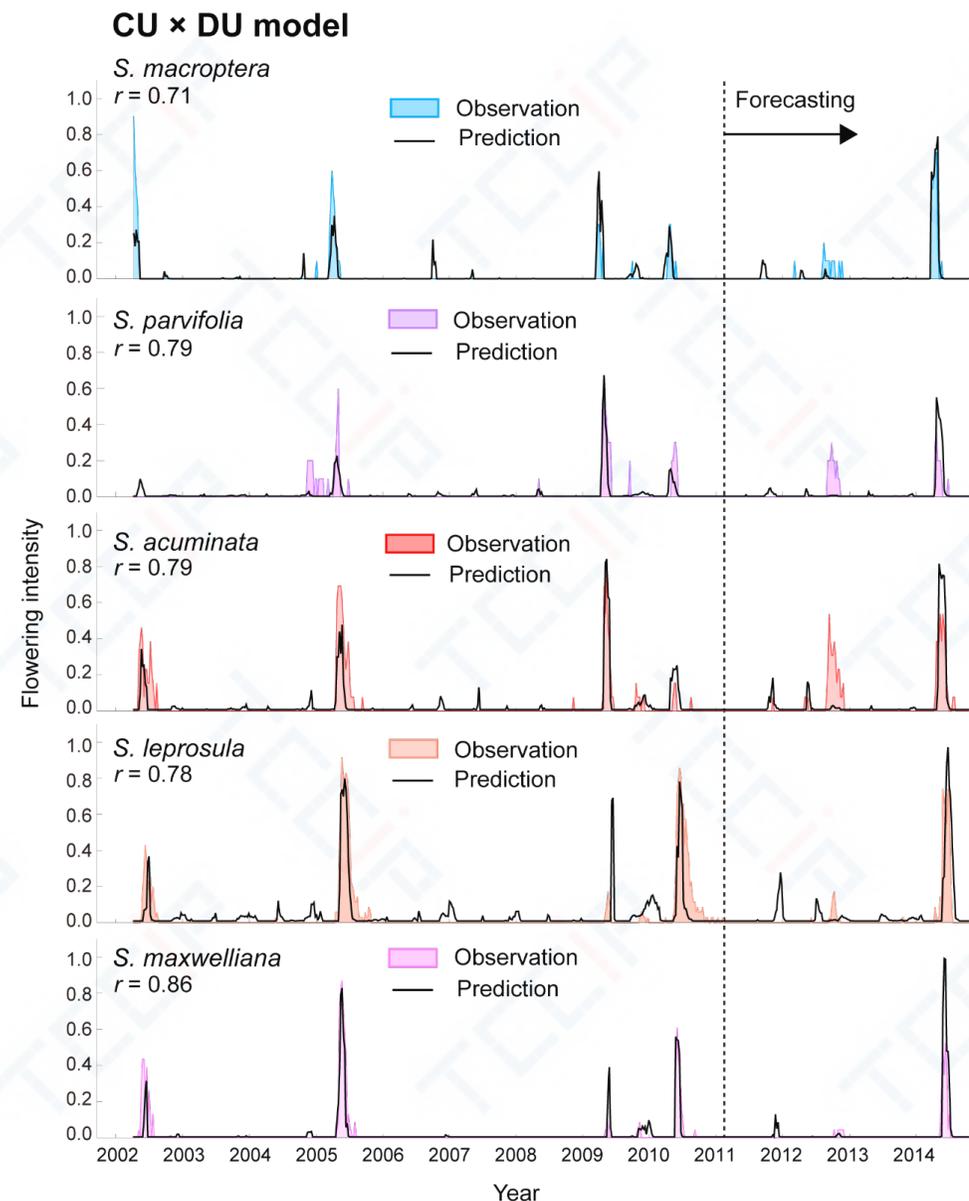


從生物學到模型



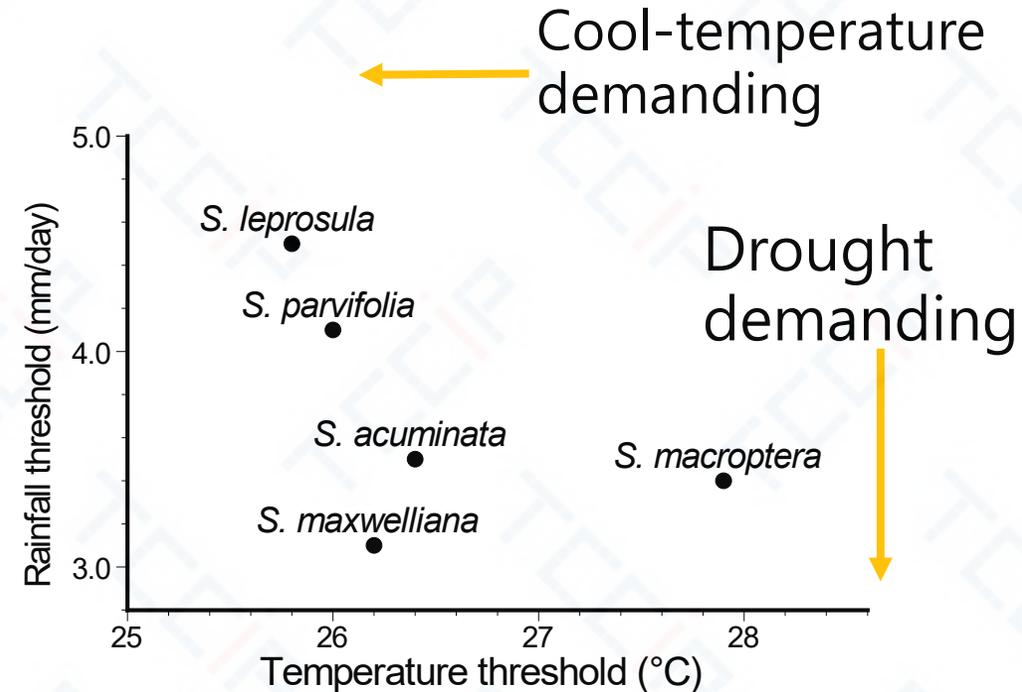
模型的準確度

- 利用10年資料進行迴歸，找出參數
 - 各物種的擬合程度達0.7-0.8 (最高為1)
 - 五個物種都同時利用溫度和雨量作為催花的信號
- 利用參數及最後5年的氣象資料進行推估
 - 可推估開花強度及時間



參數提供的資訊

- 各物種的溫度及雨量閾值並不相同
- 熱帶雨林未來增溫幅度大、月雨量變化大，將來這些植物同步開花的現象可能無法維持
 - 一部分物種可能更頻繁開花，其他物種可能則降低開花頻率
 - 同步性的崩壞和開花頻率提高可能降低物種間的互利關係
 - 需要持續的觀測以印證上述推論



謝謝聆聽 敬請指教

