

AR5統計降尺度月資料於 高山鳥類族群動態模擬之應用

林業試驗所 集水區經營組

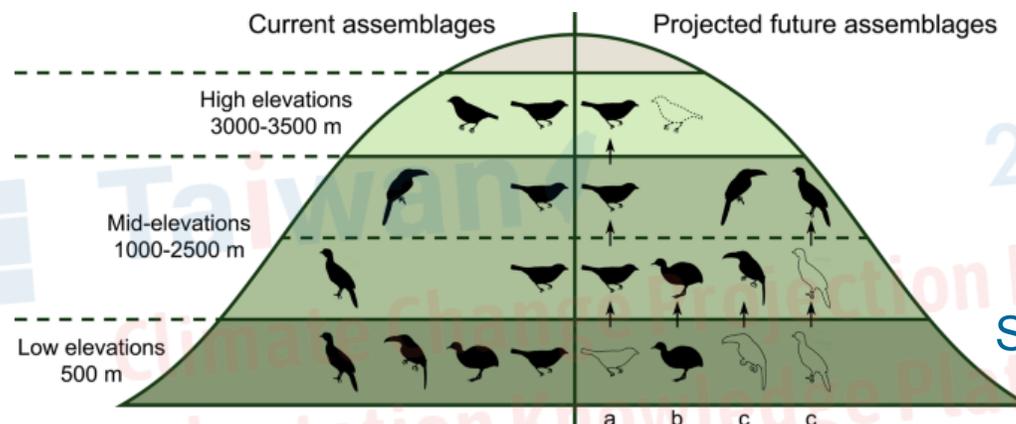
蕭明堂 助理研究員



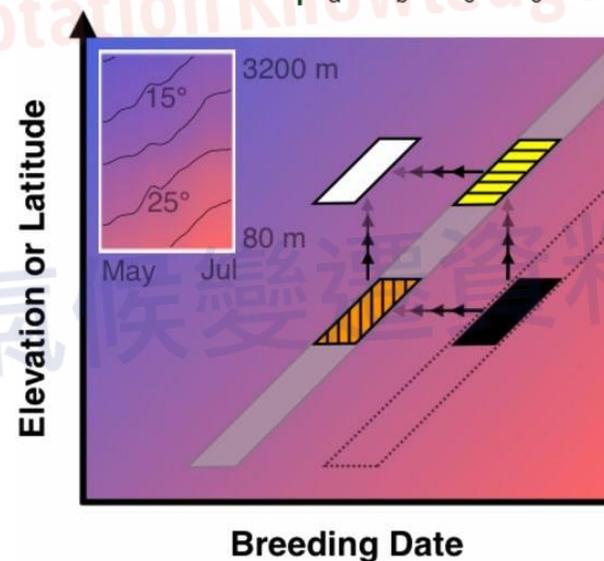
臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台
Climate Change Projection Information & Adaptation Knowledge Platform
AR6新資料說明會
氣候變遷資料應用研討會

氣候變遷對高山生物多樣性的可能影響

- 海拔分布位移



- 生物物候位移



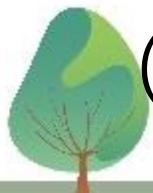
- 生活史特徵改變

(出生率、死亡率、窩卵數、遷移/播遷...)

2023.5.9,5.10
Adaptation Information & Scientific Reports 2019

AR6新資料說明會暨氣候變遷資料應用研討會

PANS 2017



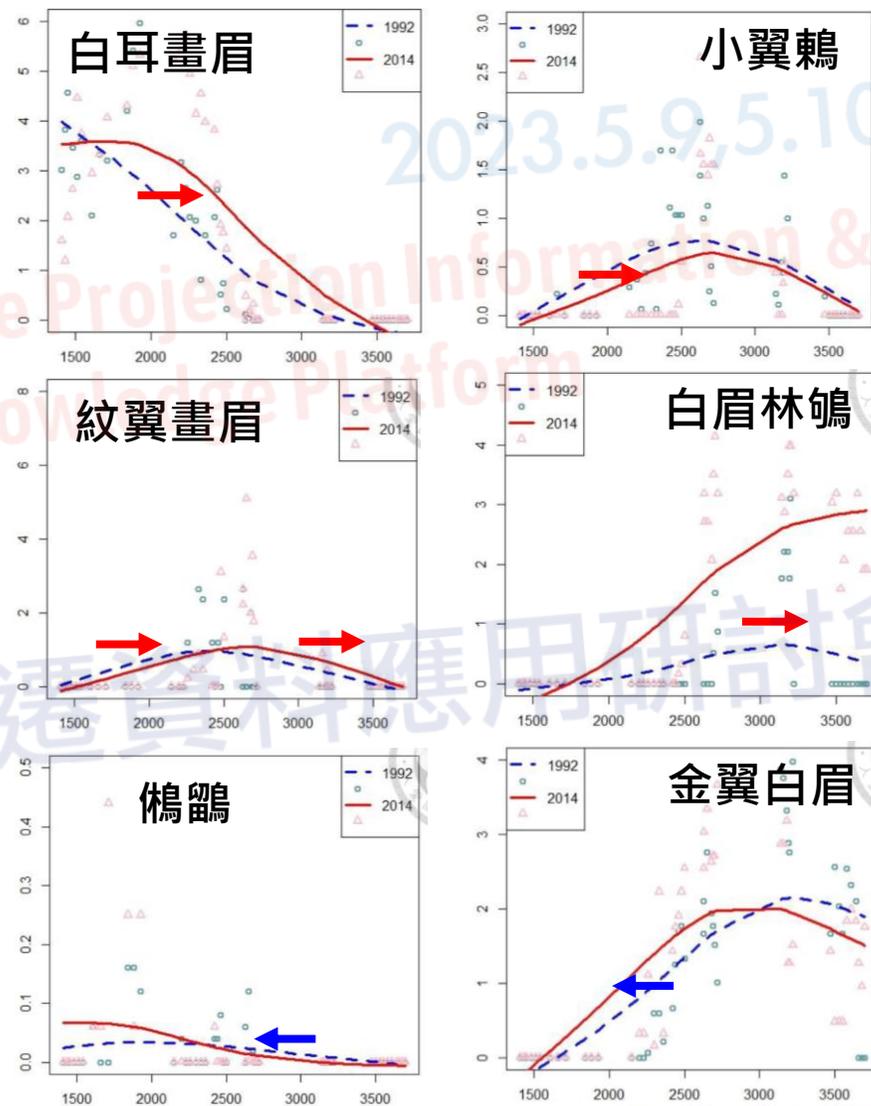
臺灣高山鳥類海拔分布的位移

李容(2015)以玉山重複調查及公民科學資料探討臺灣繁殖鳥類海拔分布變遷。國立台灣大學森林環境暨資源學系碩論。

表三、11 鳥種在玉山 47 個鳥類調查樣站之廣義加法模式檢測結果

鳥種	低限 (低界點或低位點)	最佳點	高限 (高位點或高界點)
繡眼畫眉	n.a.	無差異	上升(外擴)
白耳畫眉	n.a.	無差異	上升(外擴)
藪鳥	n.a.	無差異	上升(外擴)
黃胸青鵪	n.a.	無差異	上升(外擴)
鷓鴣	上升(內縮)	無差異	n.a.
小翼鶇	上升(內縮)	無差異	無差異
灰鶯	上升(內縮)	上升	無差異
鴉鵒	n.a.	無差異	下降(內縮)
金翼白眉	下降(外擴)	無差異	n.a.
紋翼畫眉	上升(內縮)	無差異	上升(外擴)
白眉林鶇	無差異	上升	n.a.

註：鳥種於分析海拔區段呈截斷式分布，而無法求得低限(低位點或低界點)或高限(高位點或高界點)者，以 n.a. 表示之。



預測臺灣15種特有種在氣候變遷情境下分布

Ko et al. 2012. Global Change projections for Taiwan island birds: linking current and future distributions.

English Name	Distributional altitude	Current Status	% of Distribution Areas Decrease between 2020 and 2100	
			A2 scenario	B2 scenario
Taiwan Barbet	LM	C	32.1	23.6
Taiwan Partridge	LM	C	16.0	10.4
Formosan Whistling-Thrush	LM	C	16.3	10.8
White-eared Sibia	LM	C	12.2	7.6
Taiwan Yuhina	LM	C	11.6	7.3
Formosan Magpie	LM	U	12.8	8.9
Swinhoe's Pheasant	LM	R	12.0	7.8
Steere's Liocichla	MH	C	9.4	5.7
Collared Bush-Robin	MH	C	8.5	5.4
White-whiskered Laughingthrush	MH	C	8.1	5.2
Yellow Tit	MH	U	8.4	5.0
Taiwan Barwing	MH	U	7.9	4.8
Taiwan Bush-Warbler	MH	U	9.2	5.8
Flamecrest	MH	U	7.7	5.0
Mikado Pheasant	MH	R	8.0	4.9

* Taiwan Yuhina as a "Decreasing-Distribution" species



* Taiwan Hwamei as an "Increasing-Distribution" species



冠羽畫眉



臺灣畫眉



呂翊維 攝

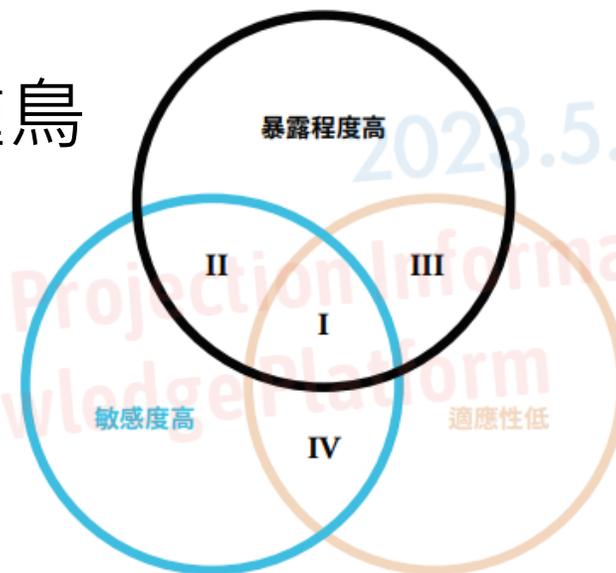


• **暴露程度**：
當前及未來鳥類分布的預測

• **敏感度**：
鳥類族群動態對於氣溫或降水的變化是否敏感

• **適應性**：
窩卵數及覓食策略

評估83種鳥



I. 高度脆弱者

北方中杜鵑
褐鶯
臺灣紫嘯鶉
樹鶉
小彎嘴
臺灣叢樹鶯
灰頭鷓鴣
棕沙燕
黑枕藍鶲
鳳頭蒼鷹
五色鳥
深山竹雞
白頭翁

II. 潛在適應者

巨嘴鶲
煤山雀
棕三趾鶲
斑文鳥

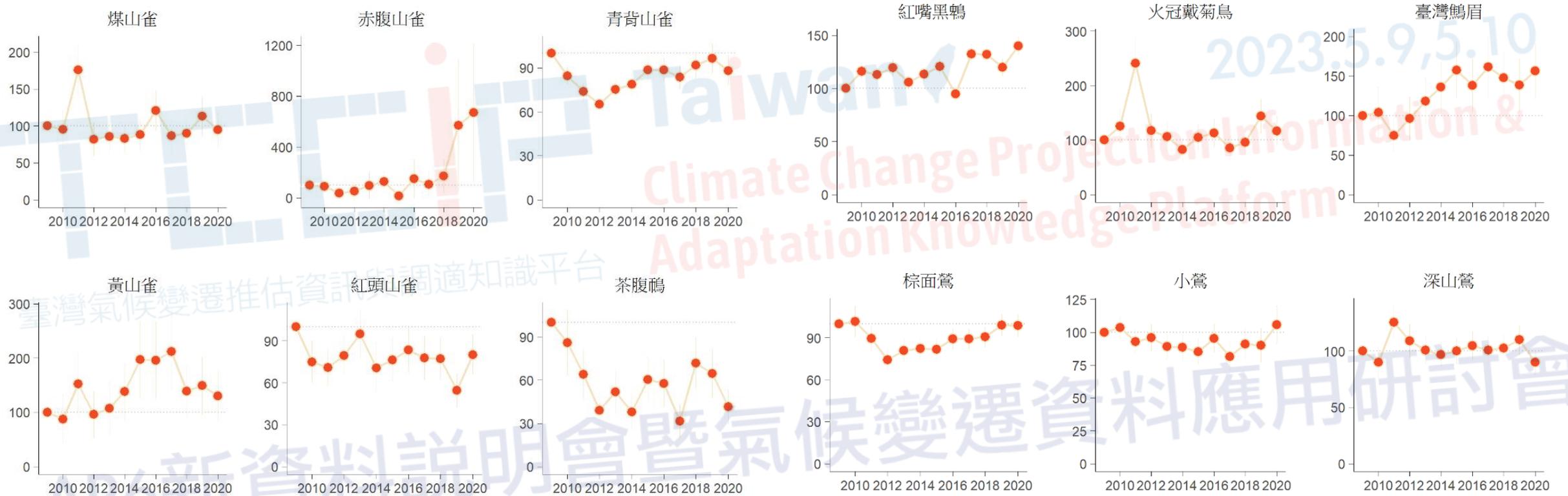
IV. 高潛伏風險者

斑紋鷓鴣
大卷尾
金翼白眉
白環鸚嘴鶲
綠畫眉
綠鳩
綠繡眼(斯氏繡眼)
翠翼鳩
褐頭鷓鴣
鉛色水鶲
頭烏線

III. 潛在持留者

灰林鴿
紅胸啄花
棕噪眉
大赤啄木
松雀鷹
鷹鵑
灰喉山椒
黃頭扇尾鶯
小雲雀
臺灣鷓鴣
赤腰燕
毛腳燕
洋燕
紅鳩
深山鶯
黃腹琉璃
白尾鳩
紋翼畫眉
番鶲

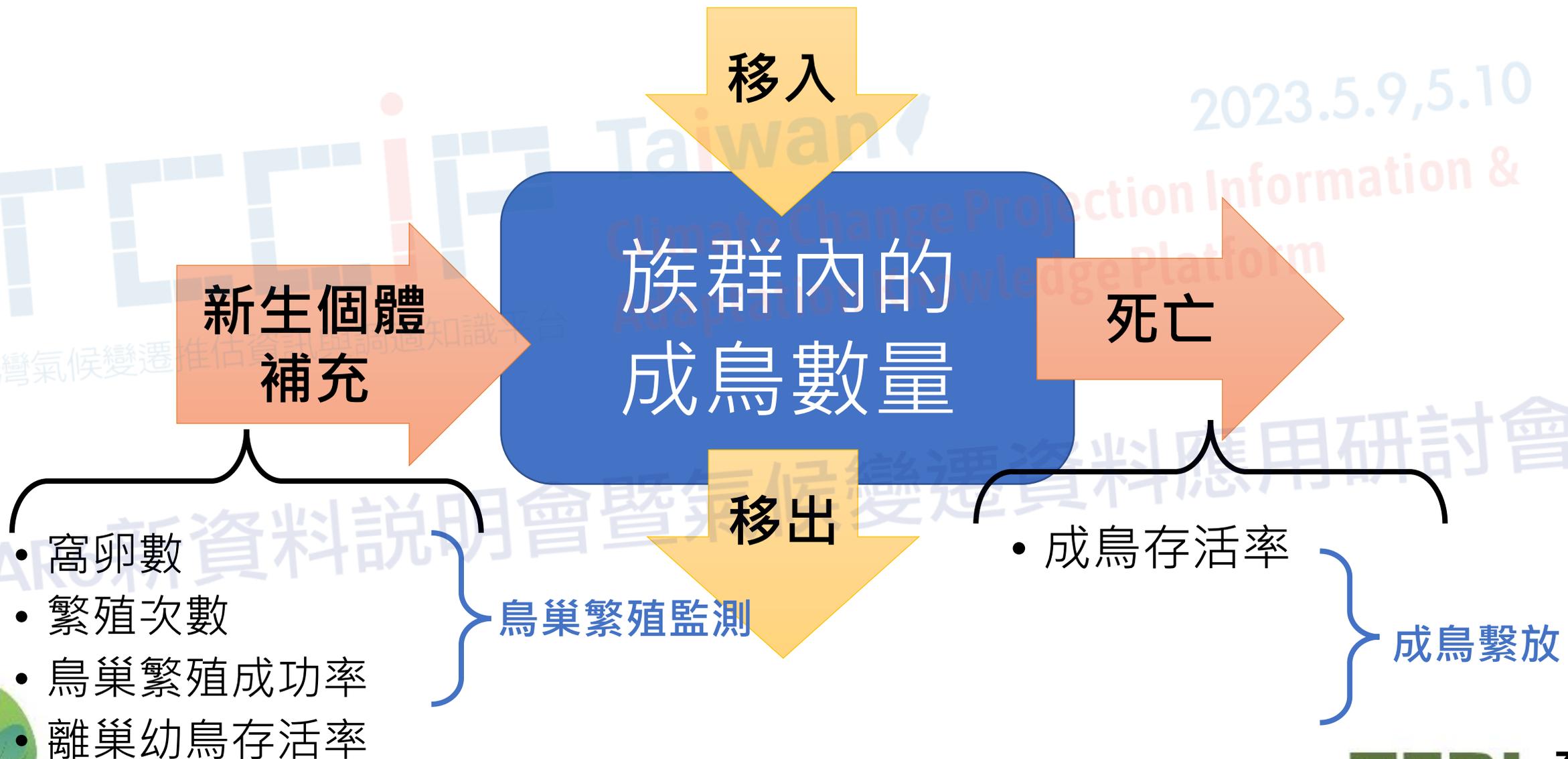
以公民科學調查為基礎所獲得的臺灣繁殖鳥類族群趨勢 (特生中心 2009~2020)



- 如何解釋鳥類族群的波動？天敵捕食？氣候變化？食物豐歉年？
- 如何與天氣變化或氣候變遷關聯？



一地特定時間內的族群動態



一個食蟲性雀形目鳥類監測的案例 (2009 ~ 2019)

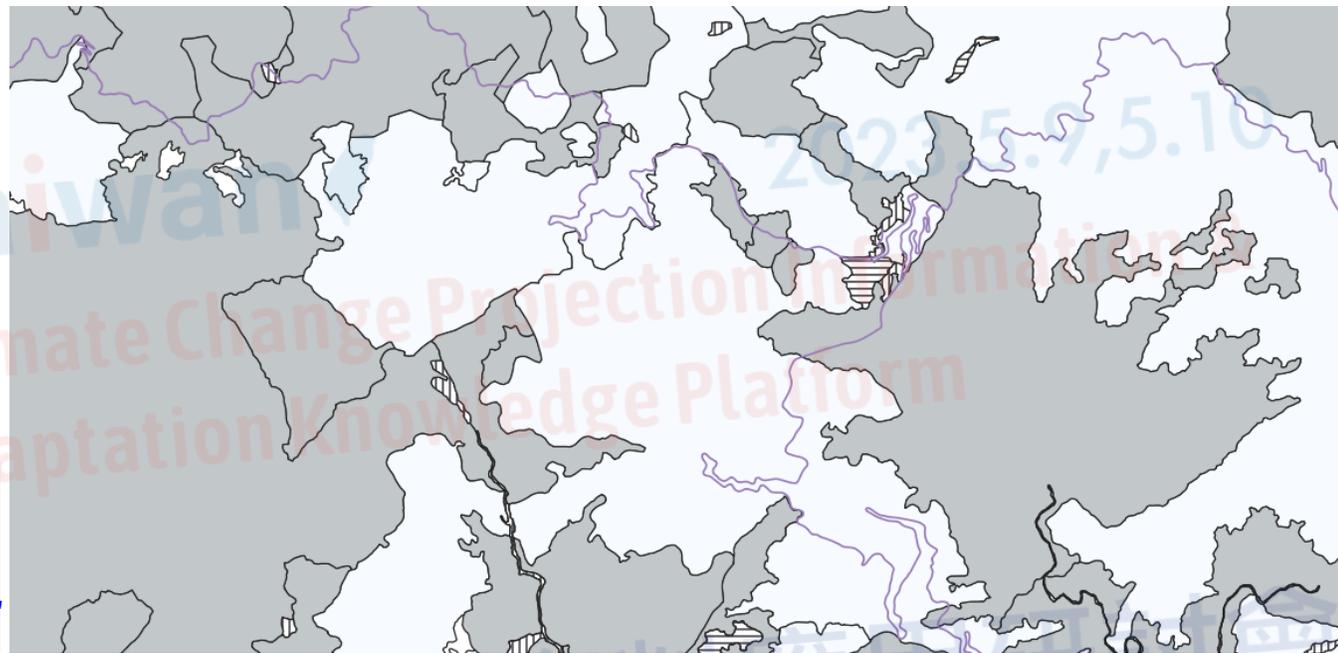


- 新竹觀霧山區
- 設置鳥巢箱 2023.5.9,5.10
- 目標鳥種：青背山雀



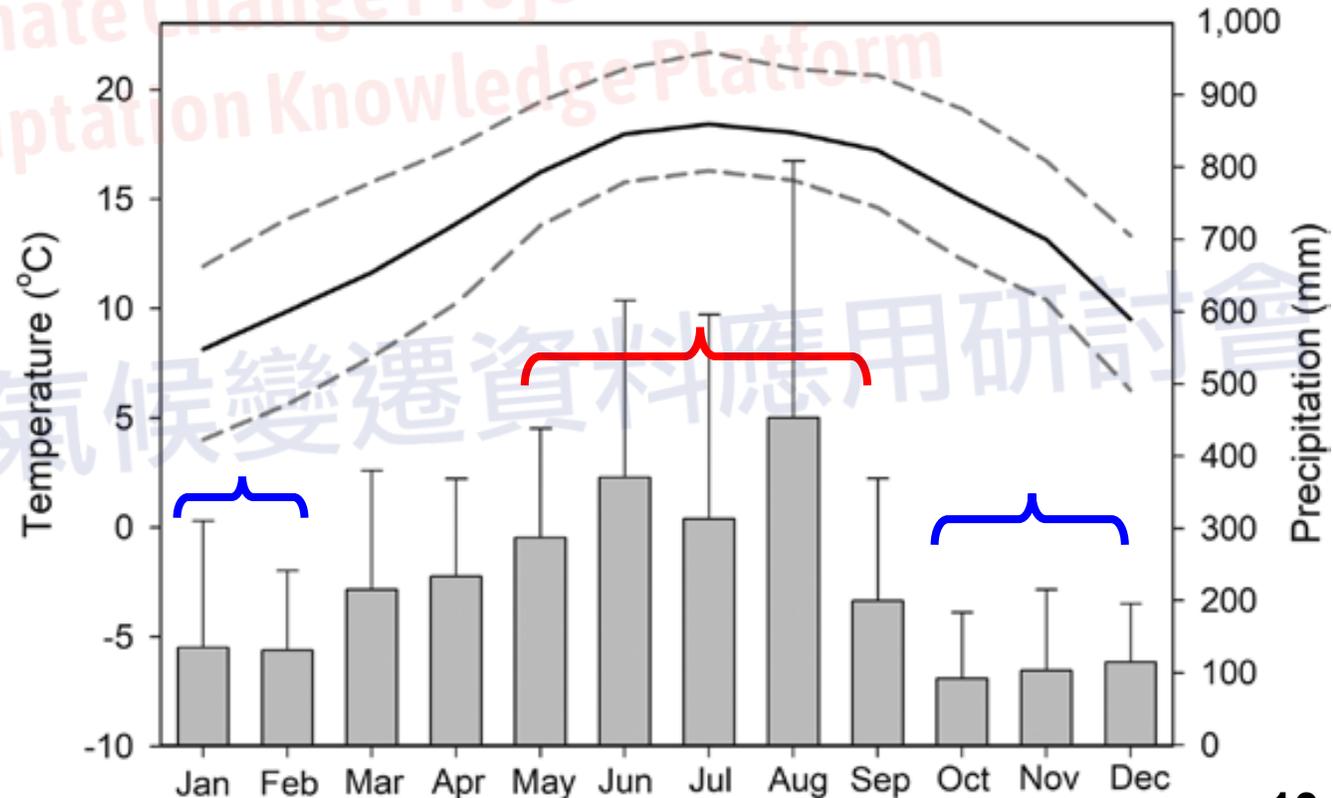
觀霧(GuanWu)

- 海拔~2000 公尺
- 天然針闊混生林與人工柳杉林的鑲嵌地景
- 鄰近中央氣象局雪霸自動測站 (COD550)~ca. 2.3公里



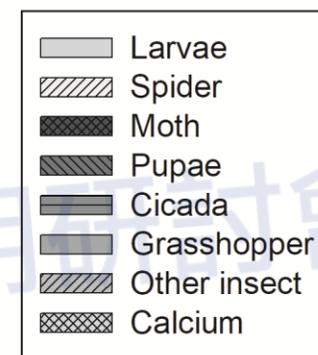
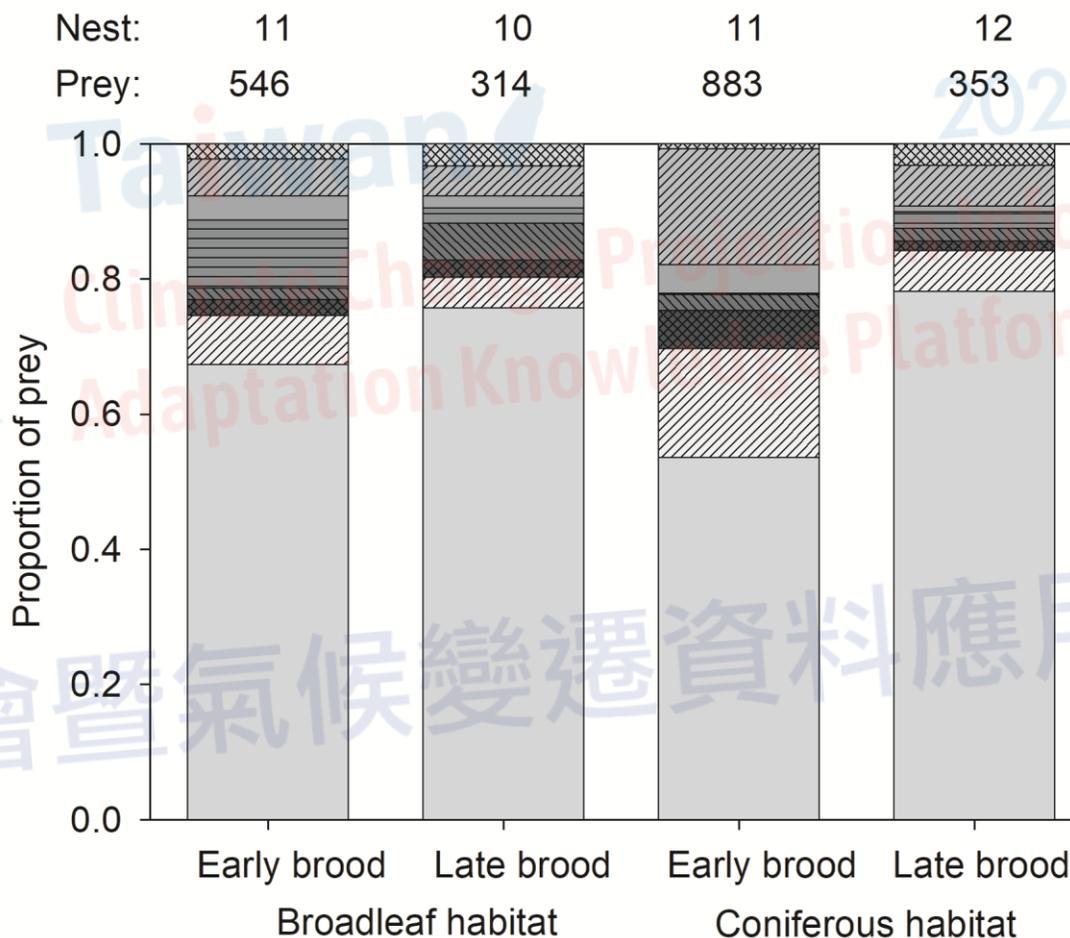
中海拔霧林帶生態系

- 重濕氣候(perhumid climate)
- 年雨量 = 2554 ± 652 mm/yr
 - 5月~9月：占64%
 - 源自於梅雨、颱風，年間變異大
 - 10月~隔年2月：占22%，乾季
 - 2月下旬~4月：過渡期，春雨



青背山雀生態上的腳色

- 次級消費者，以鱗翅目幼蟲為主食(50~70%)
- 反映能量傳遞過程：
植物->食草昆蟲->鳥
- 常見，使用巢箱頻度高
- 特有亞種/保育類III



繁殖週期 (孵卵期13~14天，育雛期20-22天)

孵卵



日齡0



日齡4



日齡7



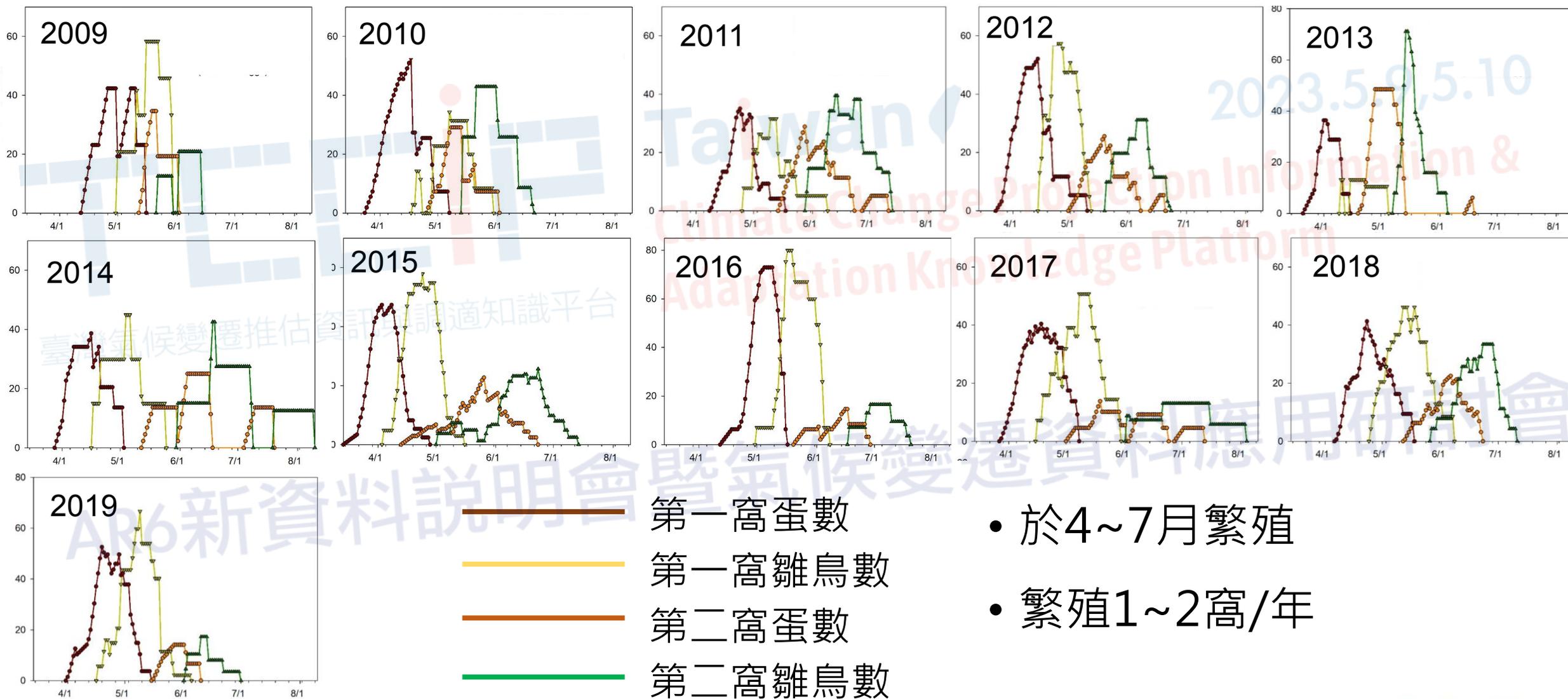
日齡14



日齡20



2009~2019年繁殖季監測



- 於4~7月繁殖
- 繁殖1~2窩/年



繁殖參數~繁殖密度和窩卵數

繁殖參數	平均值±SD	Range
繁殖密度 (pairs / ha ⁻¹)	1.52 ± 0.47	0.56 – 2.20
窩卵數	5.31 ± 0.30	4.85 – 5.88
蛋的孵化率	0.90 ± 0.05	0.80 – 0.98
繁殖第二窩比例	0.26 ± 0.27	0.00 – 0.75



繁殖參數~鳥巢繁殖成功

- 鳥巢的繁殖成功 ~

(4~7月降雨量) +

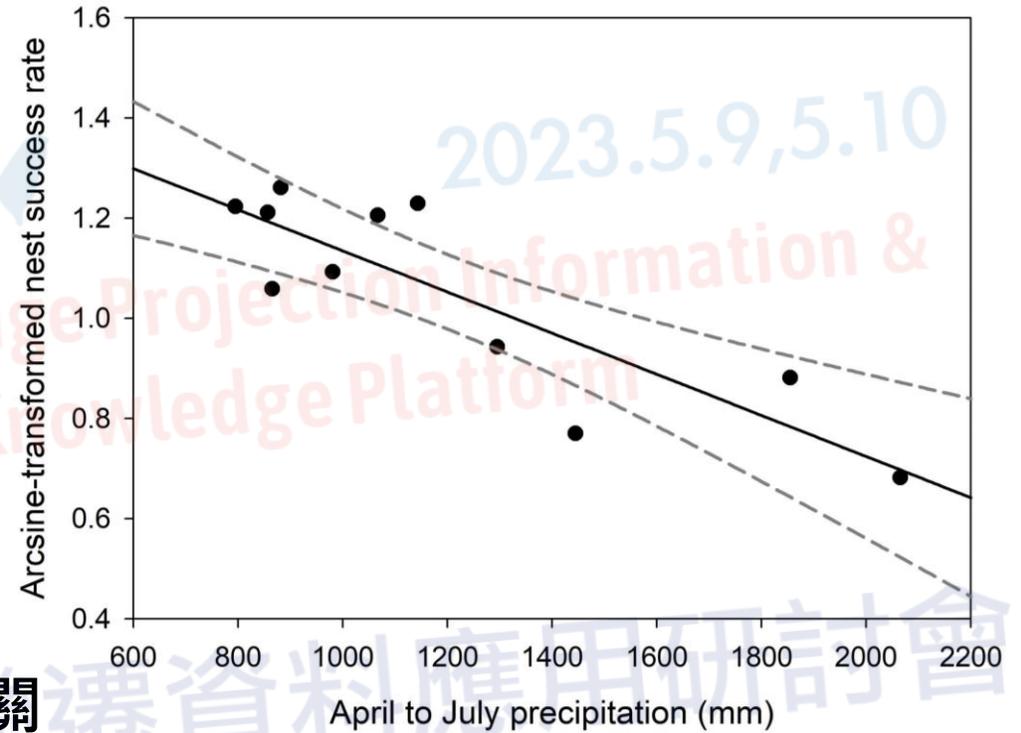
負相關；季節性降雨導致親鳥棄巢

(繁殖趟次) +

第2窩 (0.70 ± 0.19) > 第1窩 (0.54 ± 0.24)

(年間變化)

~ 年間的**天敵(蛇、松鼠)捕食強度**、**食物豐度**相關

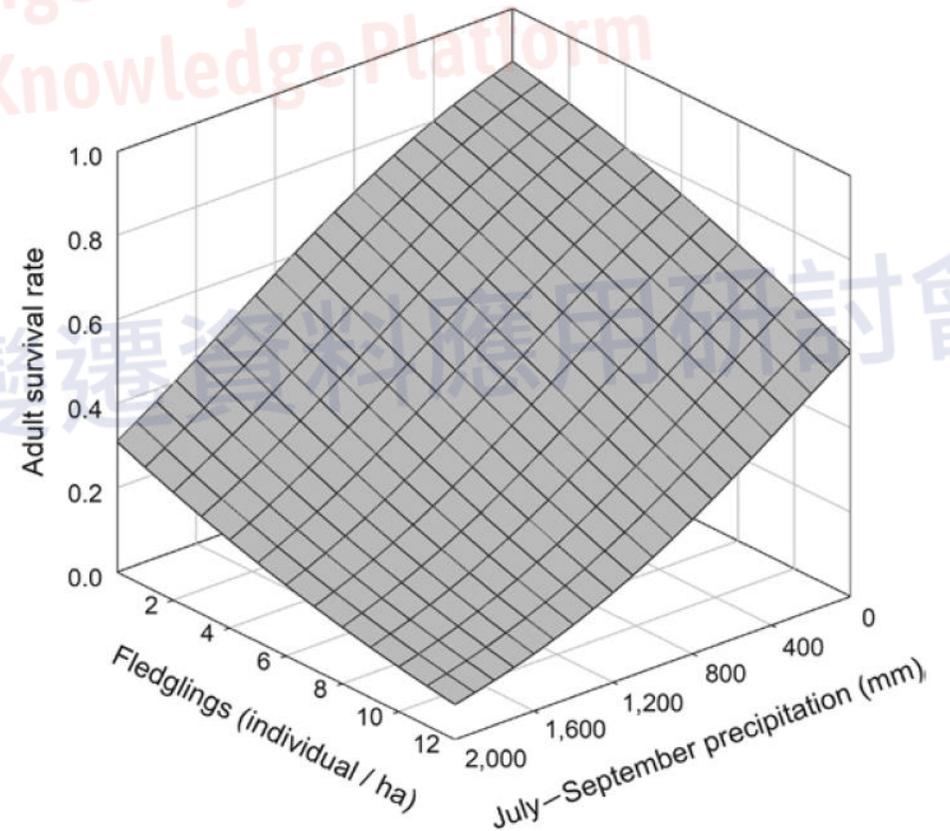
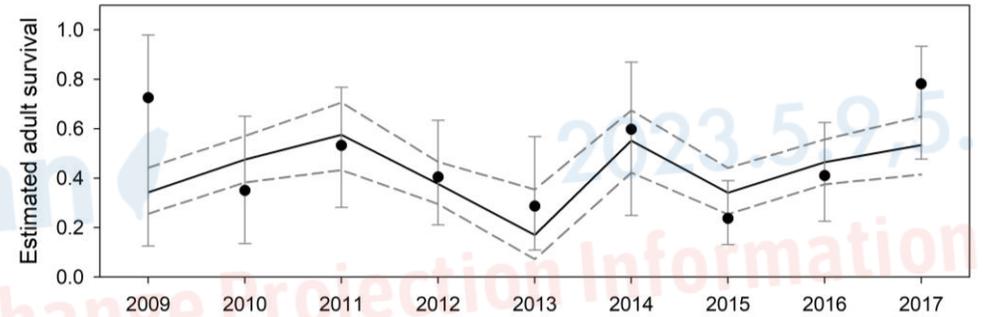


繁殖參數~成鳥存活率

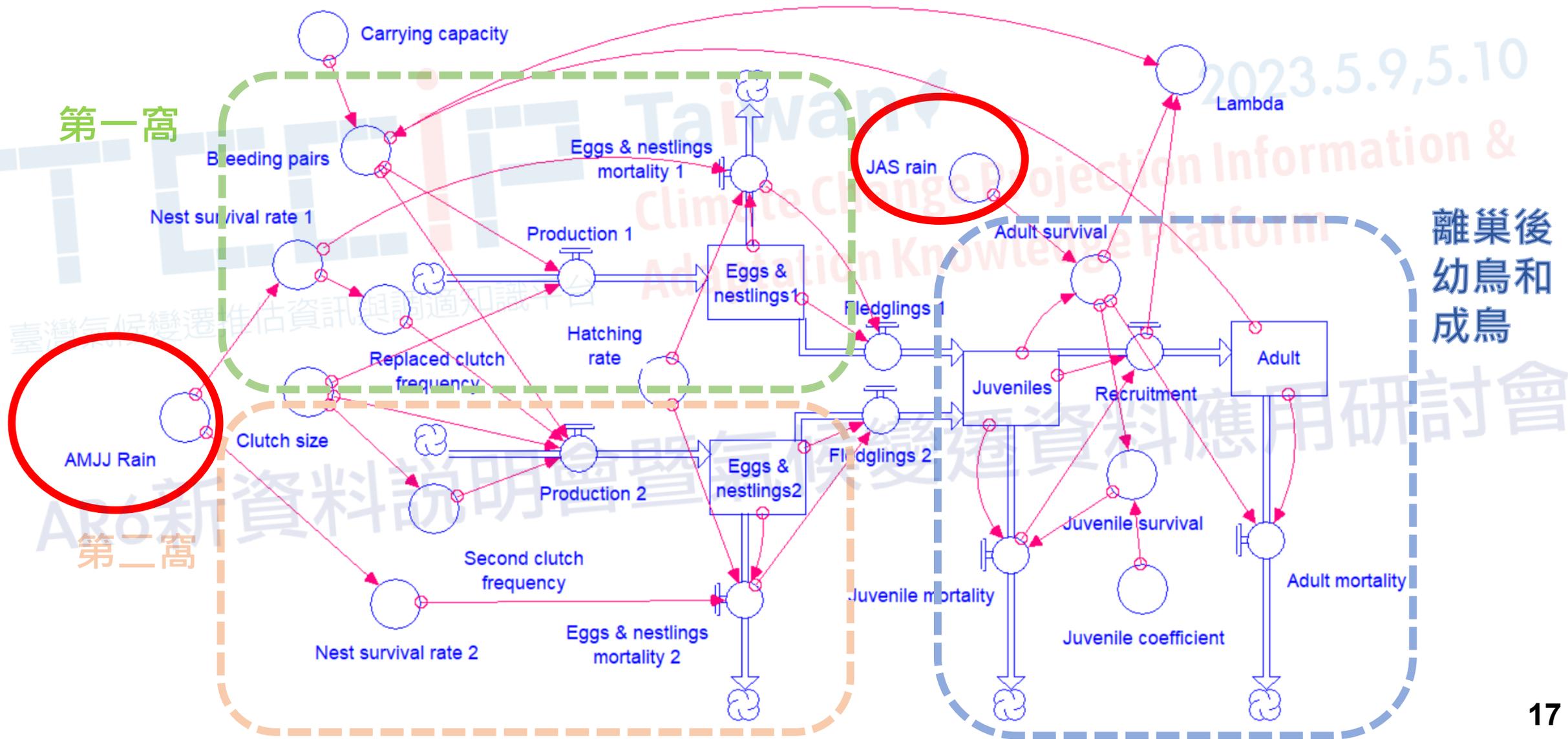
- 成鳥的年存活率 (0.48 ± 0.19) ~
(7~9月降雨量) +
負相關；夏秋颱風降雨減少成鳥存活
(當年的離巢幼鳥數量)

負相關，越多的幼鳥離巢

- 反映成鳥在繁殖季中所投入的努力
越多，減低成鳥自身的存活
- 增加冬季食物的相互競爭



以STELLA建構青背山雀的族群動態模型



一地特定時間內的族群動態

新生個體
補充

族群內的
成鳥數量

死亡

✓ 窩卵數

✓ 繁殖次數

✓ 鳥巢繁殖成功率

鳥巢繁殖監測

✓ 成鳥存活率

成鳥繫放

• 離巢幼鳥存活率 假設為1/2成鳥存活率

• 族群成長率 $\lambda = \frac{\text{成鳥數量}(t+1)}{\text{成鳥數量}(t)}$

• 2009~2019 年的10年幾何平均 = 0.99

• 模型模擬的10年幾何平均 = 1.05 ± 0.07

2023.5.9,5.10

Climate Change Projection Information & Adaptation Knowledge Platform

ARO 新資料說明會暨氣候變遷資料應用研討會



模型的敏感性分析

TABLE 4. Sensitivity analysis of Green-backed Tit data using life-stage simulation analysis, 5,000 replicate simulations with process variation in all parameters. Coefficients of determination (r^2) indicate the proportion of variation in population growth rate (λ) explained by variation in each vital rate.

Vital rate	Analytic sensitivity		Analytic elasticity		r^2 ^a
	Mean	SD	Mean	SD	
Clutch size	0.12	0.04	0.53	0.07	0.03
Nest survival of early brood	0.20	0.11	0.08	0.12	0.03
Nest survival of late brood	0.44	0.21	0.25	0.06	0.04
Hatching rate	0.68	0.24	0.53	0.07	0.01
Second brood frequency	0.42	0.14	0.08	0.06	0.03
Juvenile survival	2.37	0.06	0.53	0.07	0.43
Adult survival	1.00	0.00	0.47	0.07	0.41

^a Coefficients of determination (r^2) contributions were calculated by averaging sequential r^2 over all possible permutations of regressor orderings in multiple regression models.

- **成鳥存活率**和**離巢幼鳥存活率**是影響族群成長率年間波動的重要參數



未來情境模擬

- TCCIP的AR5統計降尺度之北部地區月資料

- 溫室氣體排放情境：

- **RCP2.6**：暖化減緩的情境(輻射強迫力在2100年呈減少趨勢)---22個模型

- **RCP8.5**：溫室氣體高度排放的情境(輻射強迫力在2100年呈持續增加趨勢)---33個模型

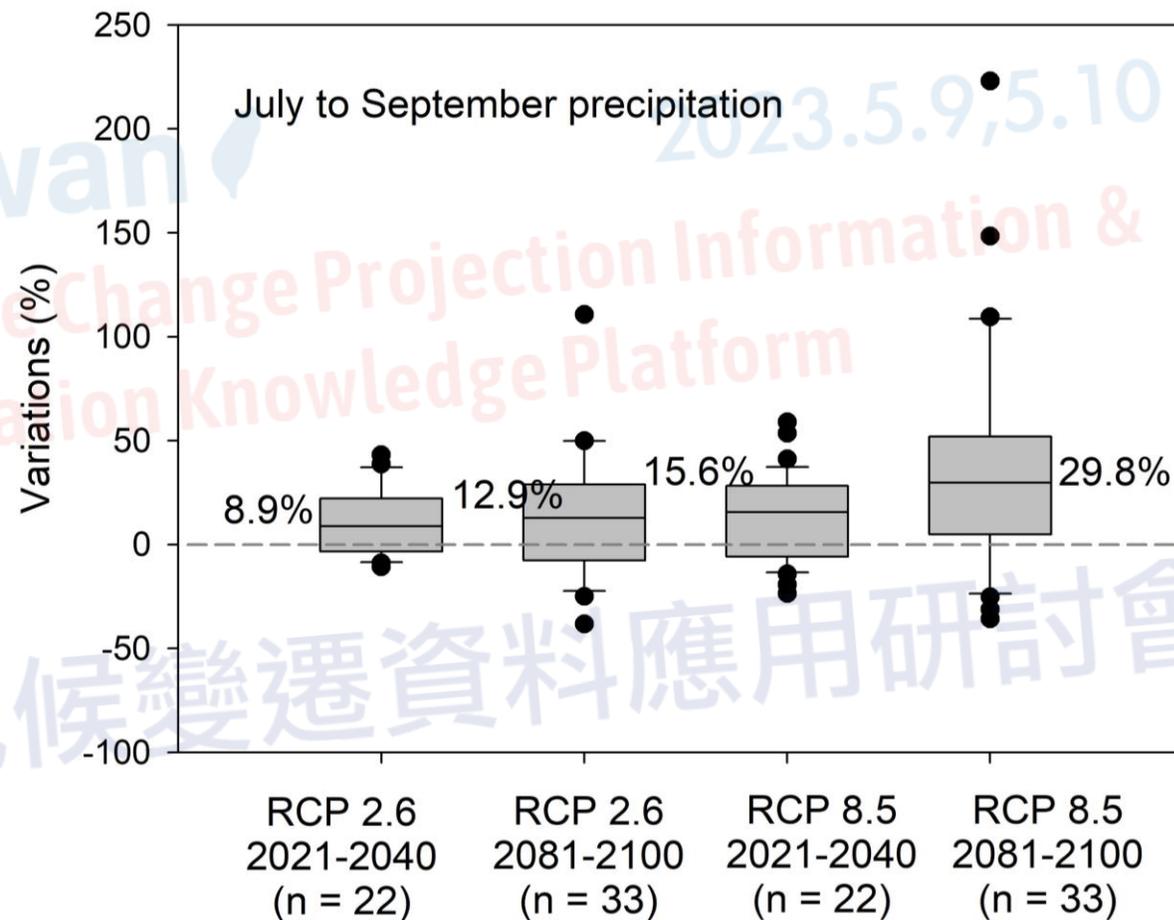
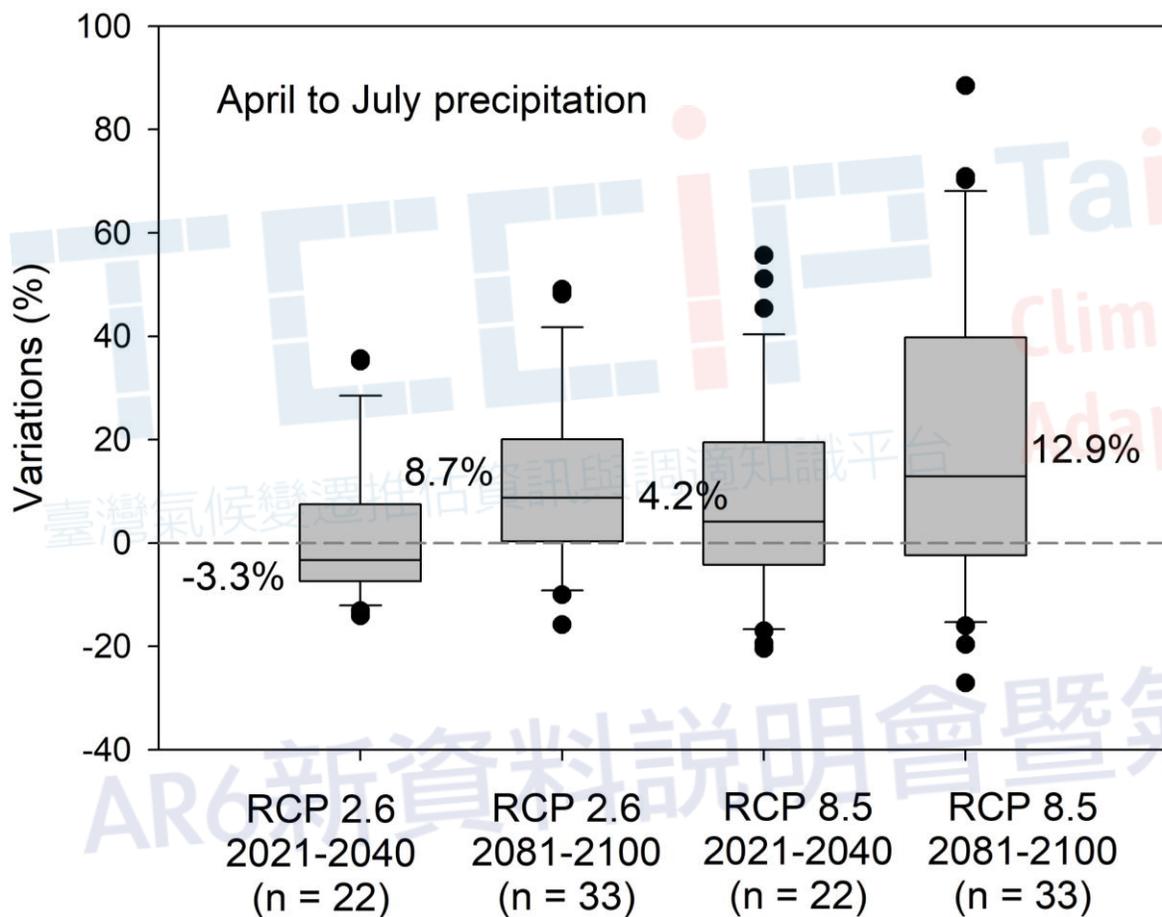
- 考量時期：

- **近未來**(2021-2040年)
- **世紀末**(2081-2100年)

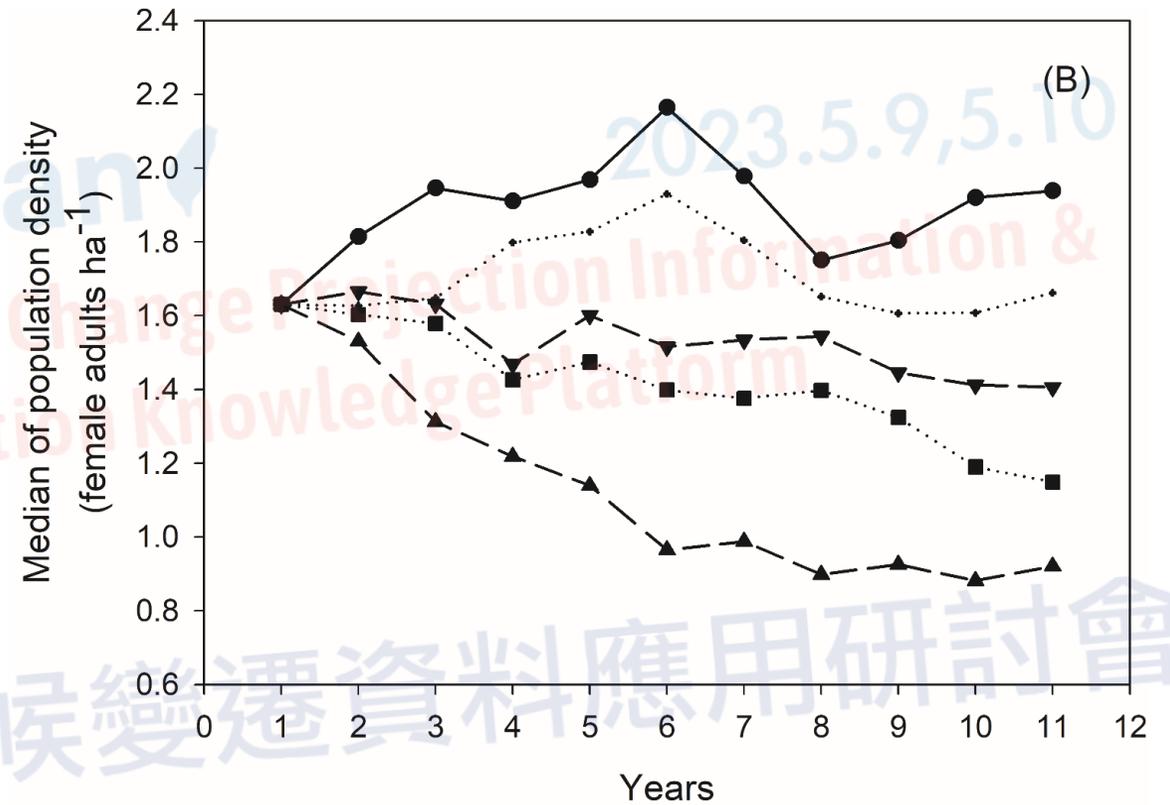
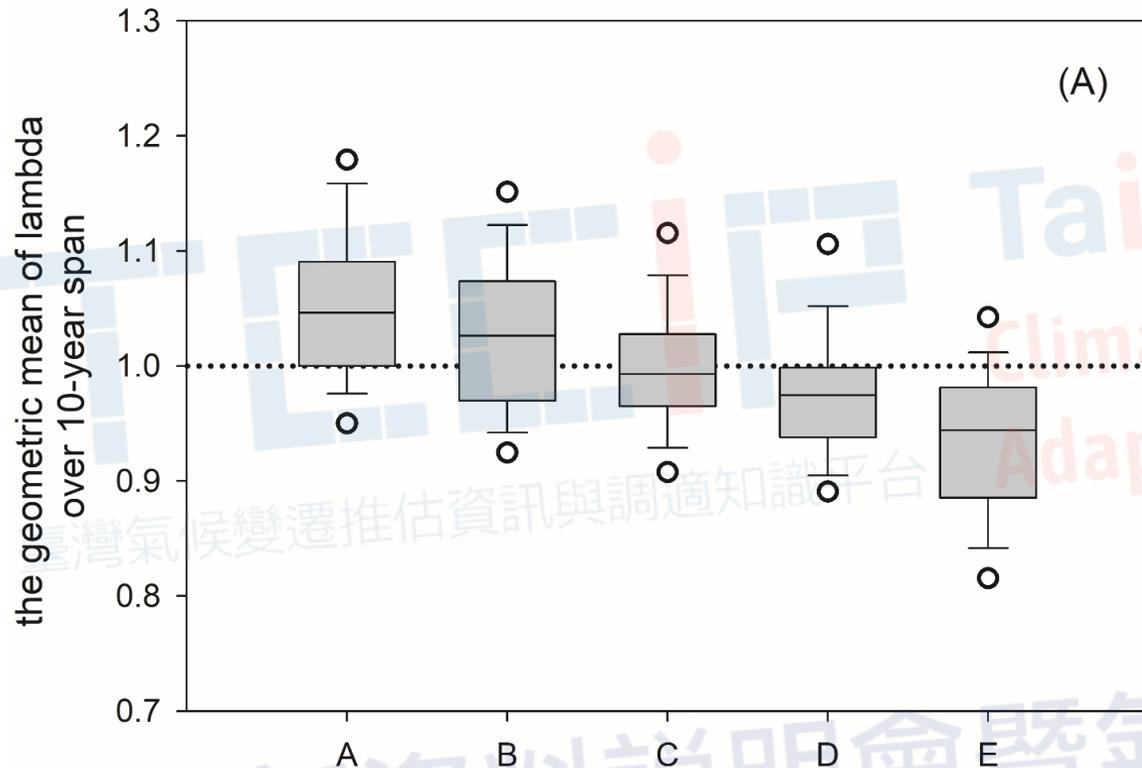
模式名稱	產製單位	run	RES.	Historical	RCP2.6	RCP4.5	RCP6.0	RCP8.5
ACCESS1-0	CSIRO-BOM	r1i1p1	192x145	✓		✓		✓
ACCESS1-3		r1i1p1	192x145	✓		✓		✓
bcc-csm1-1	BCC	r1i1p1	128x64	✓	✓	✓	✓	✓
bcc-csm1-1m		r1i1p1	320x160	✓	✓	✓	✓	✓
BNU-ESM	BNU	r1i1p1	128x64	✓	✓	✓		✓
CanESM2	CCCMA	r1i1p1	128x64	✓	✓	✓		✓
CCSM4	NCAR	r1i1p1	288x192	✓	✓	✓	✓	✓
CESM1-BGC	NCAR	r1i1p1	288x192	✓	✓	✓	✓	✓
CESM1-CAM5		r1i1p1	288x192	✓	✓	✓	✓	✓
CMCC-CESM	CMCC	r1i1p1	96x48	✓				✓
CMCC-CM		r1i1p1	480x240	✓		✓		✓
CMCC-CMS		r1i1p1	192x96	✓		✓		
CNRM-CM5	CNRM-CERFACS	r1i1p1	256x128	✓	✓	✓		✓
CSIRO-Mk3-6-0	CSIRO-QCCCE	r1i1p1	192x96	✓	✓	✓	✓	✓
EC-EARTH	ICHEC	r1i1p1	320x160	✓				✓
FGOALS-g2	LASG-CCESS	r1i1p1	128x60	✓	✓	✓		✓
GFDL-CM3	NOAA-GFDL	r1i1p1	144x90	✓	✓		✓	✓
GFDL-ESM2G		r1i1p1	144x90	✓	✓	✓	✓	✓
GFDL-ESM2M		r1i1p1	144x90	✓	✓	✓	✓	✓
HadGEM2-AO	MOHC	r1i1p1	192x145	✓	✓	✓	✓	✓
HadGEM2-CC		r1i1p1	192x145	✓	✓	✓	✓	✓
HadGEM2_ES		r1i1p1	192x145	✓	✓	✓	✓	✓
inmcm4	INM	r1i1p1	180x120	✓		✓		✓
IPSL-CM5A-LR	IPSL	r1i1p1	96x96	✓	✓	✓	✓	✓
IPSL-CM5A-MR		r1i1p1	144x143	✓	✓	✓	✓	✓
IPSL-CM5B-LR		r1i1p1	96x96	✓		✓		✓
MIROC5	MIROC	r1i1p1	256x128	✓	✓	✓	✓	✓
MIROC-ESM		r1i1p1	128x64	✓	✓	✓	✓	✓
MIROC-ESM-CHEM		r1i1p1	128x64	✓	✓	✓	✓	✓
MPI-ESM-LR	MPI-M	r1i1p1	192x96	✓	✓	✓		✓
MPI-ESM-MR		r1i1p1	192x96	✓	✓	✓		✓
MRI-CGCM3	MRI	r1i1p1	320x160	✓	✓	✓	✓	✓
MRI-ESM1		r1i1p1	320x160	✓				✓
NorESM1-M	NCC	r1i1p1	144x96	✓	✓	✓	✓	✓
Total				34	22	30	17	33



AR5情境下的降雨模擬



AR5情境下的青背山雀族群

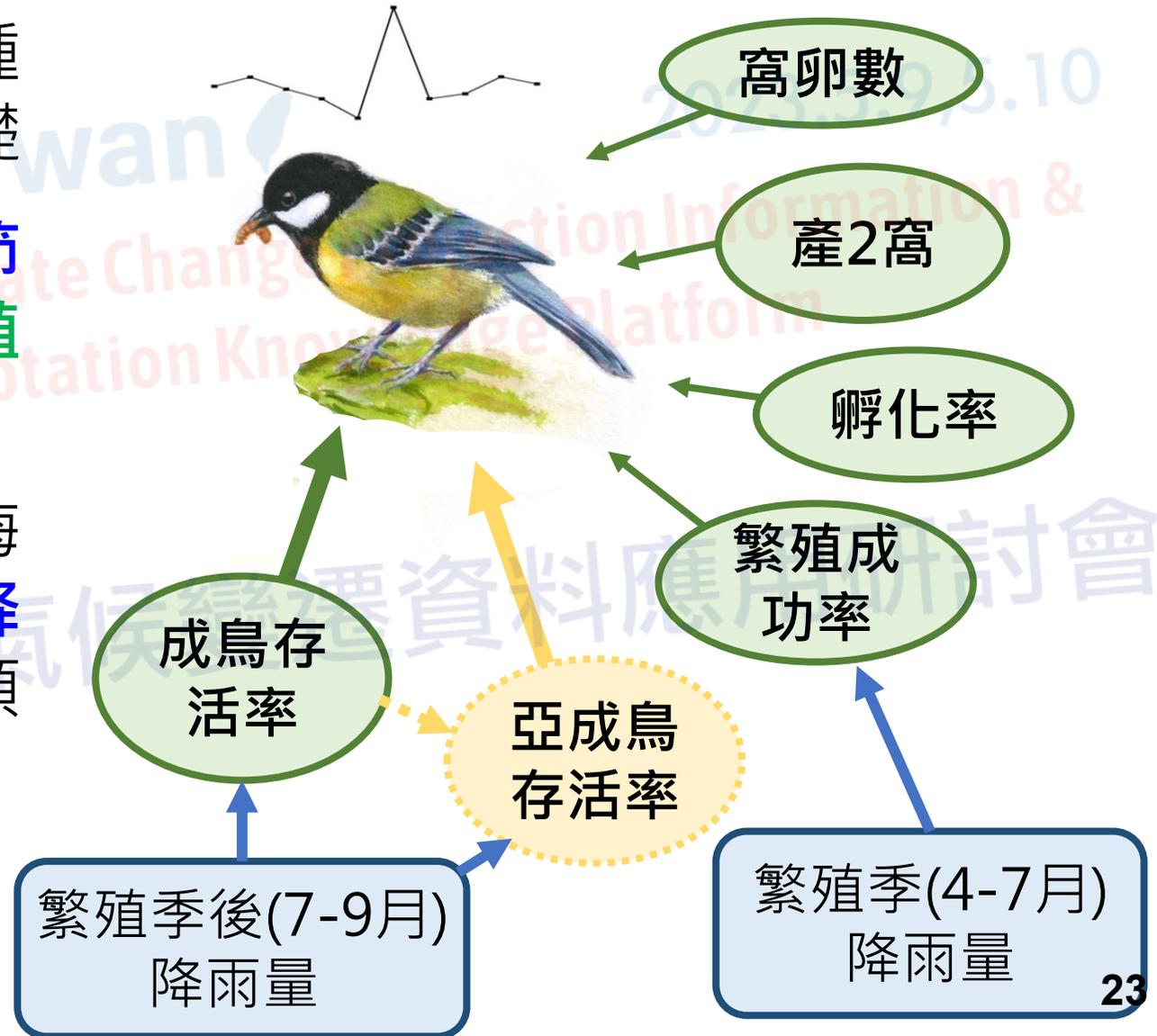


- A: baseline condition
- ◆····· B: RCP 2.6, near future (2020-2040)
- ▼— C: RCP 2.6, the end of 21th century (2080-2100)
- D: RCP 8.5, near future
- ▲— E: RCP 8.5, the end of 21th century

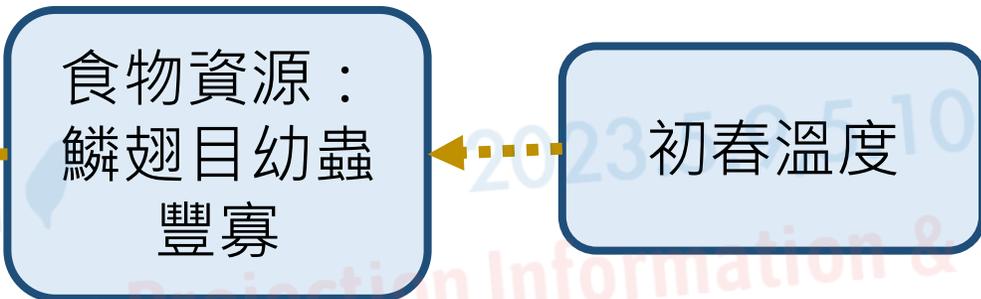
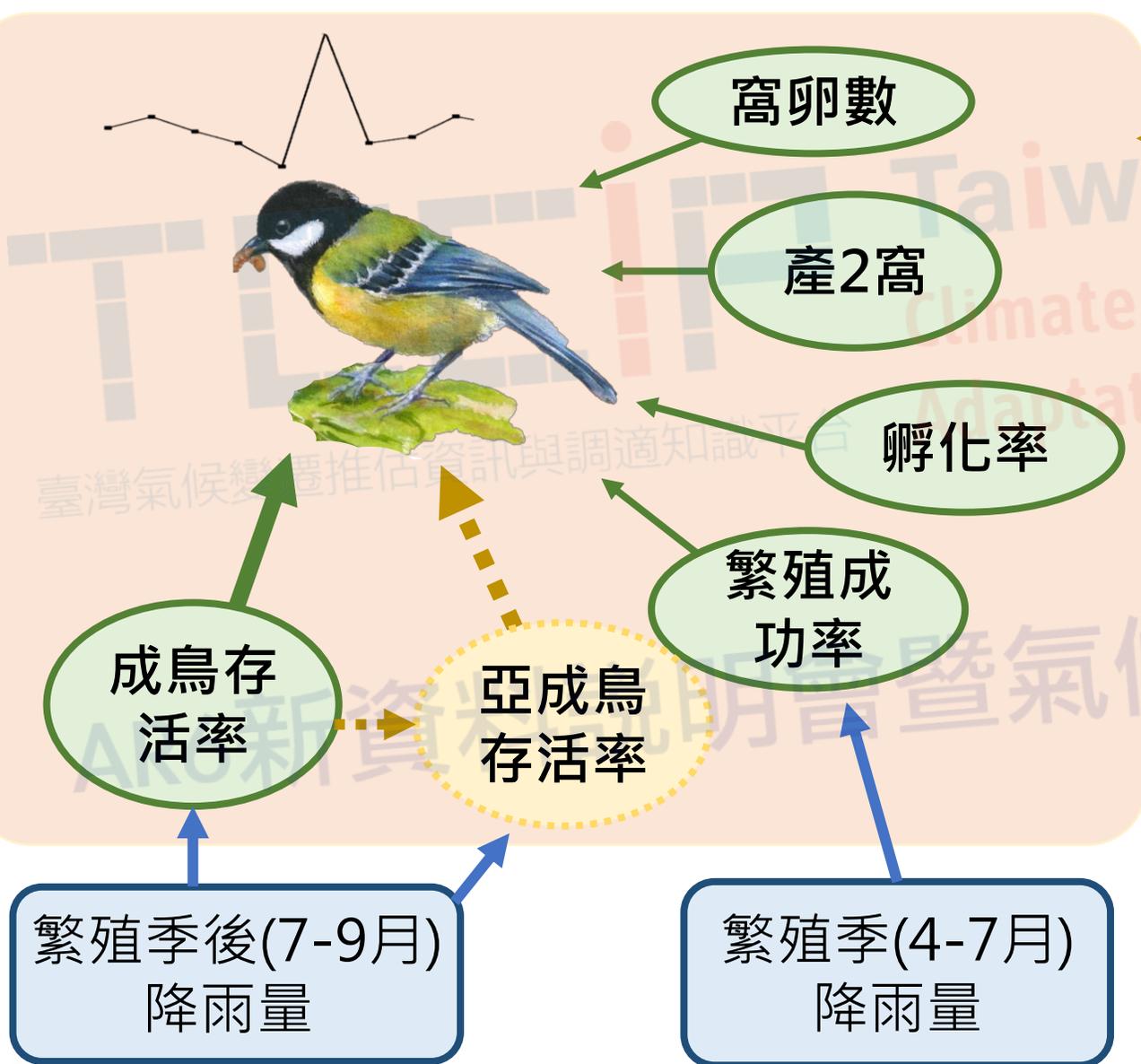


在青背山雀族群動態的案例中得到的啟發：

- **長期的繁殖監測**和**繫放**可掌握物種的生活史參數，為建立模型的基礎
- 在重濕氣候的霧林帶生態系，**季節性強降雨**對於高山鳥類之**鳥巢繁殖成功**和**成鳥存活率**有負面影響
- **統計降尺度**無法模擬解析颱風、梅雨等劇烈天氣系統，未來以**動力降尺度資料模擬**或能得到更切合的預測結果

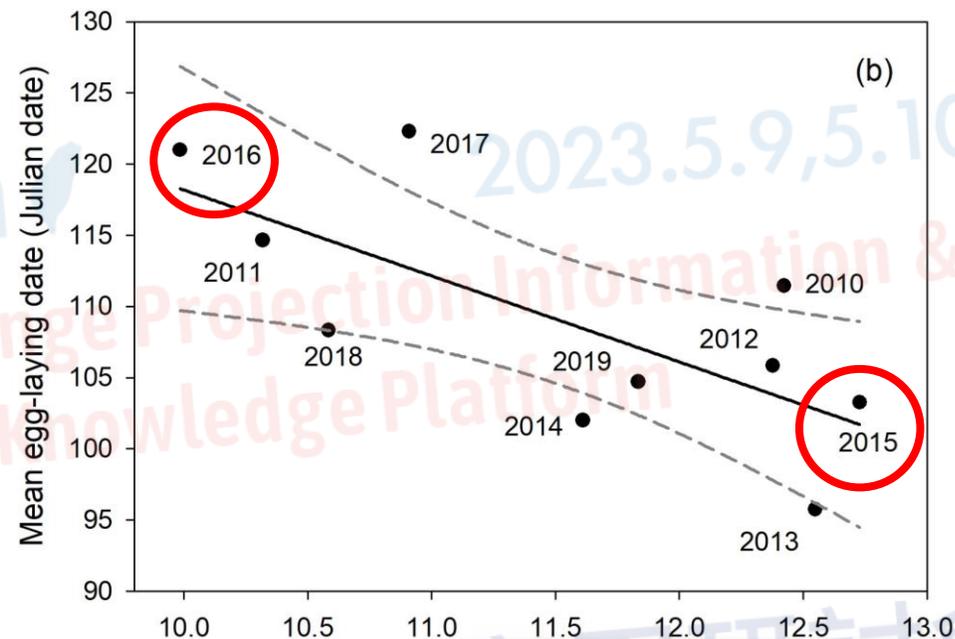
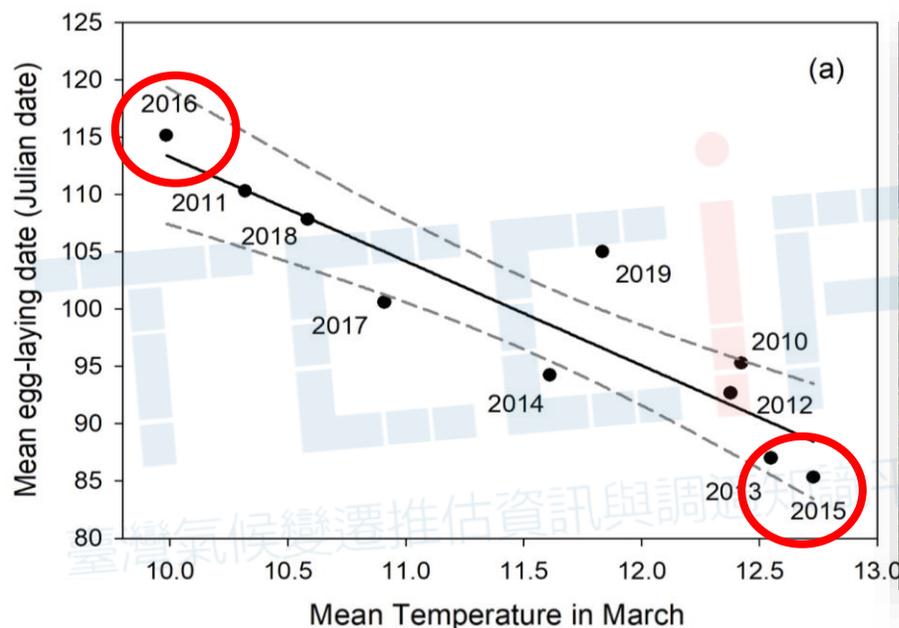


除了劇烈降雨的影響以外...



- **食物資源豐寡**可能影響到食蟲性鳥類各個生活史階段的表現
- 食物資源的“豐寡”取決於**物種發生物候**的配合，常受溫度所影響

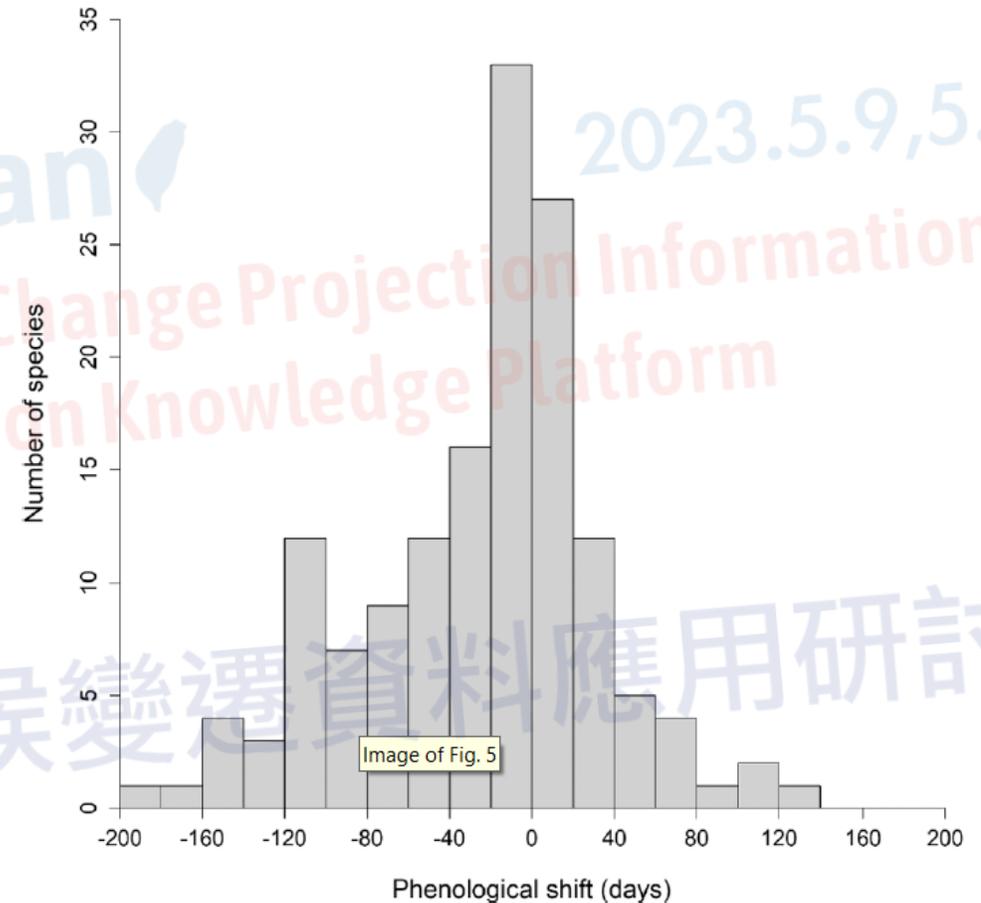
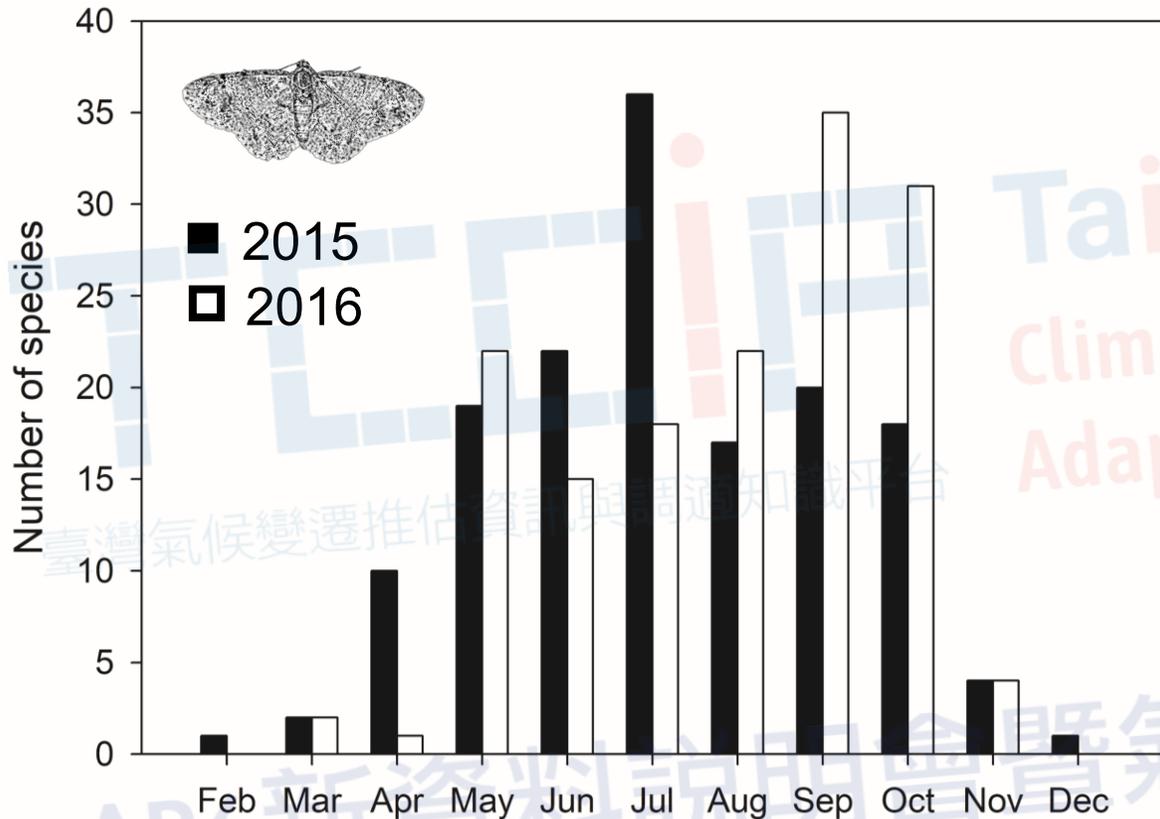
“初春溫度”在生物物候上的作用：



- 初春3月溫度影響青背山雀、棕面鶯的產蛋時間
- 和2016年相比，在2015年(暖春)：
 - 青背山雀產蛋提早30.8天
 - 棕面鶯產蛋提早18.7天



“初春溫度”在生物物候上的作用：

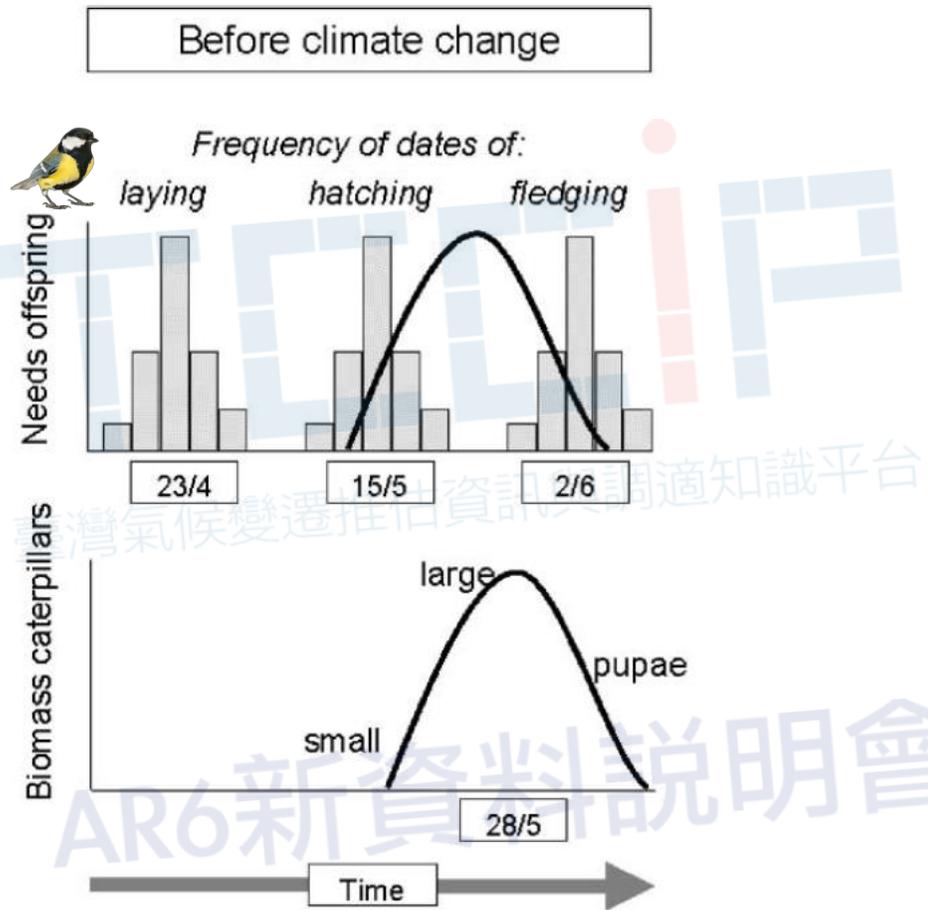


• 在150種常見的鳞翅目成蟲上：

- 和2016年相比，43%物種(65種)在2015年的發生早於20天以上，整體平均提早25.4天



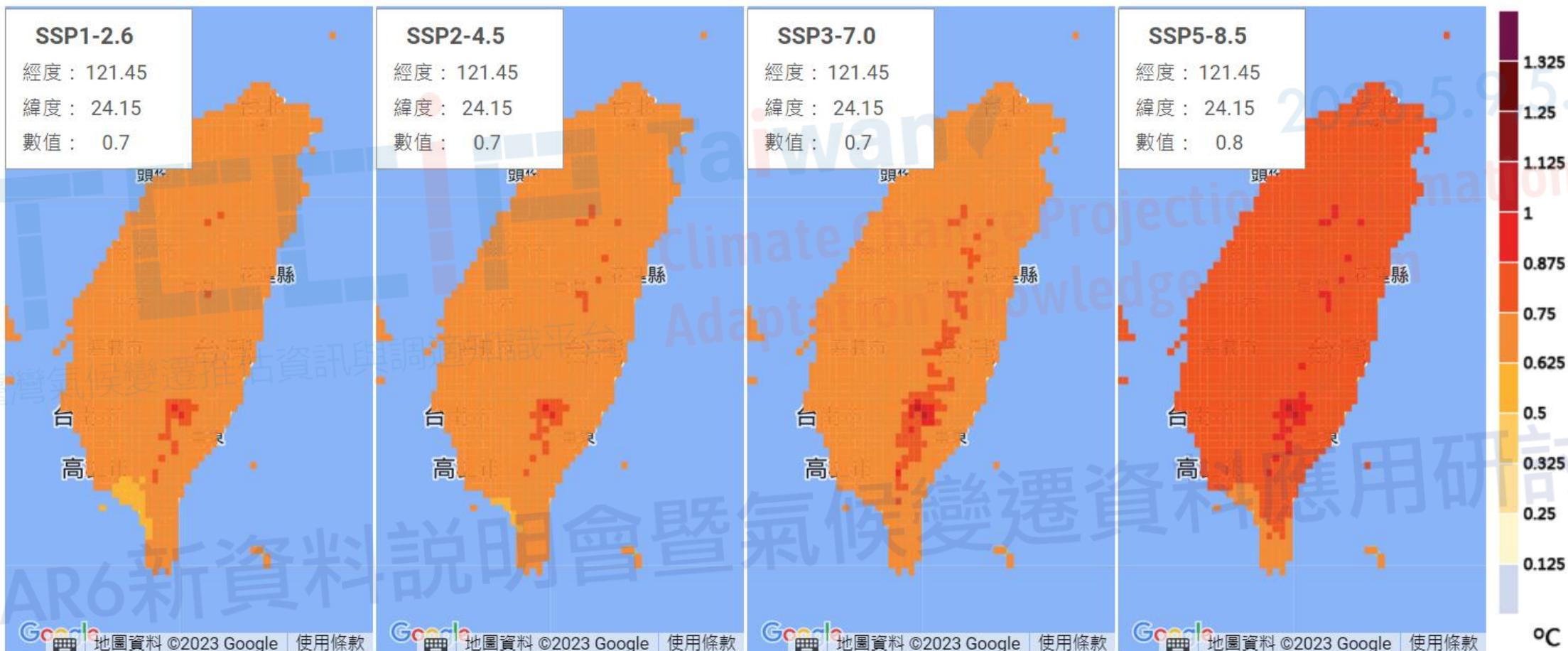
我們所知有限的：物種間的交互作用



- 在國外的案例中，溫度對於不同生物物候影響的不同步，導致物種間的物候錯位 (mismatch)，並影響其繁殖與存活表現

Visser et al. (2004). Global climate change leads to mistimed avian reproduction. Advances in ecological research.

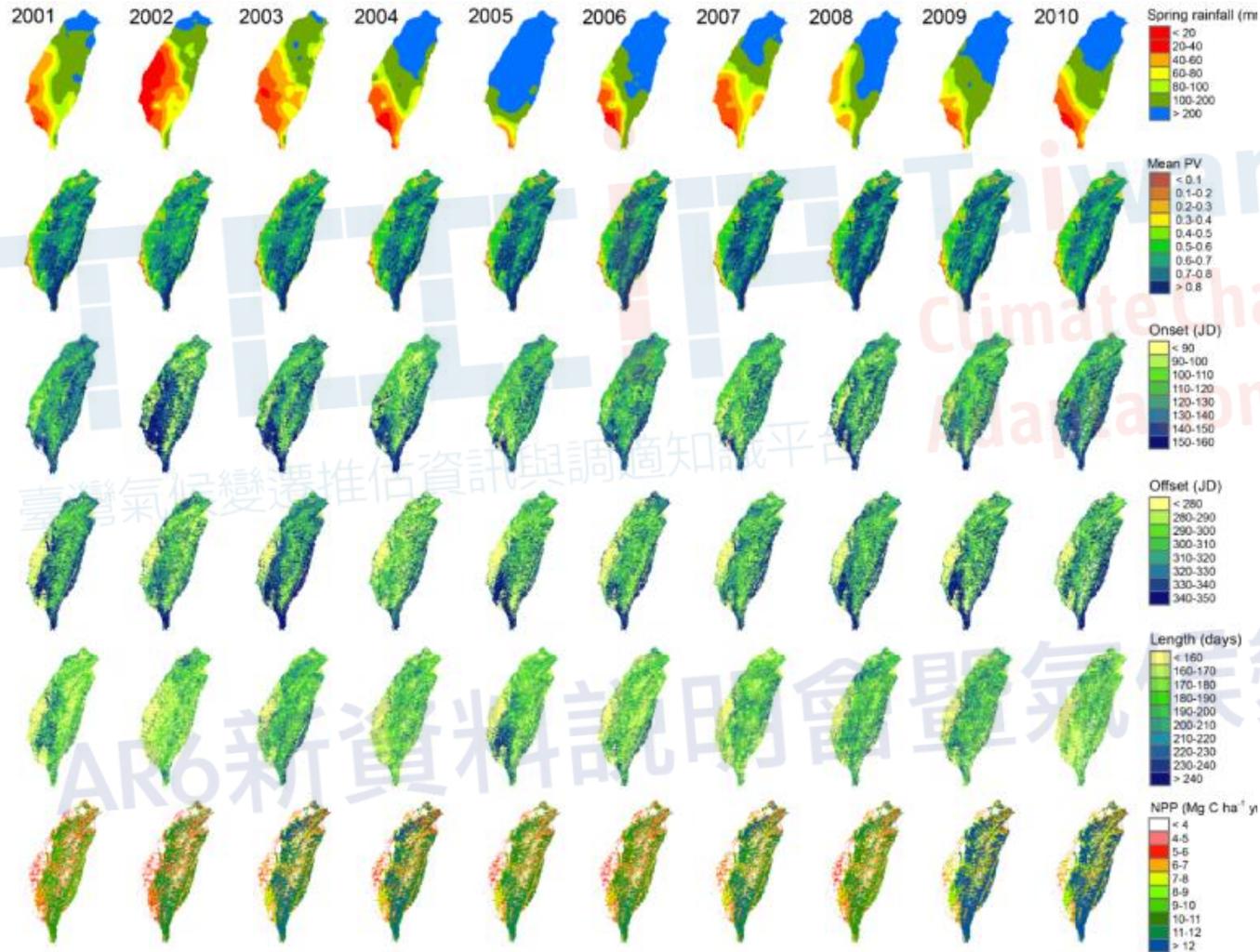
在近未來的物候可能影響：



- 近未來(2021-2040)，春季氣溫將上升0.7-0.8度，山雀的繁殖物候預期提早~10天



臺灣南北間的差異



- 春季(2-3月)的降雨，影響植物的初級生產力和生長季長短，特別是“南部”乾燥地區
- 在更高的營養階層(trophic level)，如昆蟲、鳥類的物候上，南北兩地的關鍵氣候因子未必相同

Chang et al.(2013). Impacts of vegetation onset time on the net primary productivity in a mountainous island in Pacific Asia. Environmental Research Letters 8:045030.

極端氣候的影響



2016年3月低溫降雪

繁殖開始時間為11年最晚

為追上毛蟲高峰，
雌鳥產完卵前就開始孵卵

孵卵期縮短，
幼鳥孵化同步性↓↓

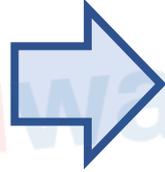
雛鳥體重有大小差，
離巢時間不同步

離巢後死亡率可能↑

總結

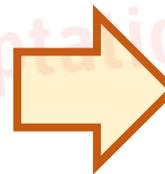


• **暴露程度**：
當前及未來鳥類分布的預測



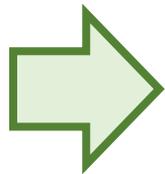
• 鳥類繁殖物候隨春季溫度調整，實際情況可能是物種的海拔位移與物候位移的總結

• **敏感度**：
鳥類族群動態對於氣溫或降水的變化是否敏感



• 季節性的強降雨(梅雨、颱風)
• 初春溫度、春雨
• 極端事件
• 關鍵氣候的地區差異

• **適應性**：
窩卵數及覓食策略



• 食性的專一性
• 營養階層間的交互作用

未來氣候模擬與生態資料的累積，評估氣候變遷衝擊所必要

簡報結束，敬請指正

mtshiao@tfri.gov.tw

2023.5.9,5.10

Taiwan

Climate Change Projection Information &
Adaptation Knowledge Platform

會暨氣候變遷資料應用研討會
AR6新資料研討會

本研究經費由雪霸國家公園所支持