山櫻花開花物候模式及未來氣候情境開花預測之變化



2017臺灣氣候變遷科學報告說明會暨氣候變遷資料使用經驗座談會

前言

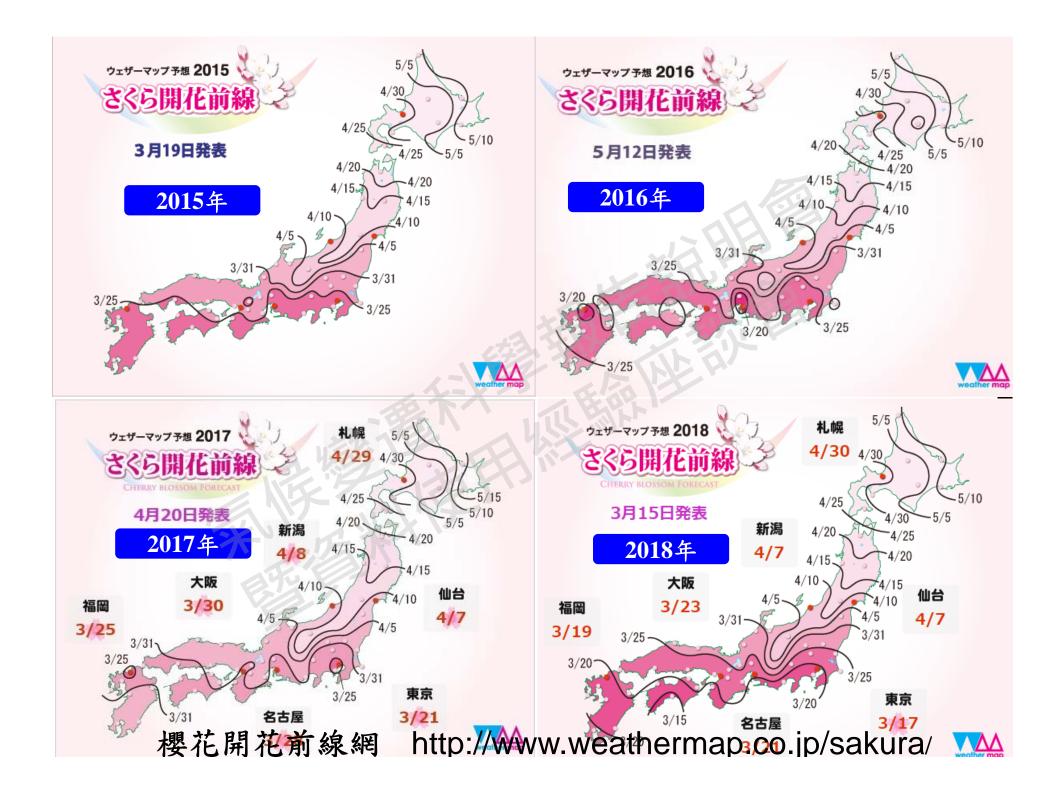
櫻花祭





九族文化村

武陵農場



温度對開花時間的影響

- ➤ 溫帶地區的多年生木本植物,需要累積一定量的熱量才會在春天發芽及開花
 (Richardson et al., 1977)
- ➤ 許多溫帶樹種還需要一定量的冷積需求來解除 內在休眠,隨後藉由熱量累積來破除外在休眠, 才能使芽恢復生長(Linsley-Noakes and Allan, 1994)
- 解除內在休眠的植物,當熱量開始累積時,開 花所需的時間會隨著氣溫的上升而縮短

全球暖化對植物開花時間的影響

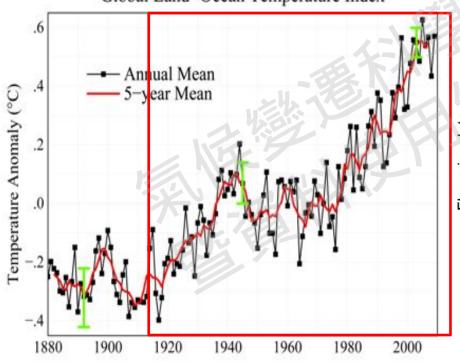
地點	時間	開花時間變化 (天數/每10年)	温度變化	樹種數目	參考文獻
華盛頓	1970-1999	提早1.9天	+1.5°C(12~5 月)	89	Abu-asab等 (2001)
加拿大亞伯達	1970-1999	提早2.6天	春季溫度提高		Beaubien及 Freeland (2000)
日本	1953-2005	提早0.8-3.2天	+1.0℃ (1月至3月)	1 (杏樹)	Doi 等 (2007)
日本(東京)	1981-2005	提早2.2天	+1.8℃ (2月及3月)	17 (櫻屬植物)	Miller-Rushing 等(2007)
日本(京都)	1900-1990	提早2-3天	+2°C(3月)	1	Aono及 Keiko (2008)
中歐	1980-1995	提早1.3-4天	春季溫度提 高	4	Roetzer等(2000)

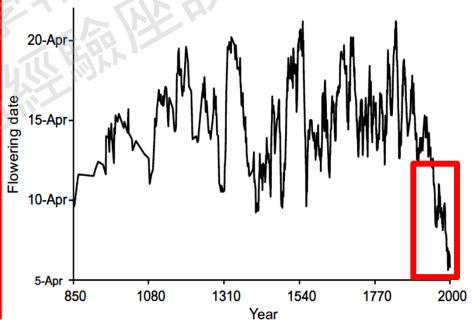
以日本山櫻(Prunus jamasakura) 為例



全球歷年溫度變化 Global Land-Ocean Temperature Index

日本山櫻開花時間變化





Primack 等(2009)

- ▶世界各國已普遍認為植物物候作為氣候變遷 研究的證據
- ▶國際生物氣象組織物候委員會也將植物物候 作為全球環境變化評估的一項重要指標
- ▶百年來台灣地區的增溫幅度是北半球平均增 溫幅度的2倍
- ▶ 現今物候模式大多發展於溫帶地區以預測未來物候變化,位於亞熱帶地區的台灣尚未建立合適的物候模式

研究目的

利用3年(2015至2017年)實地的物候調查資料, 引入各種不同的物候模式,進行模式參數的 調整,找出台灣地區預測山櫻花開花最適用 的物候模式及參數數值

► 利用TCCIP提供的不同氣候變遷情境模擬資料來預測未來山櫻花開花時間變化

材料及方法



HOBO溫濕度感測儀

物候模式建立

● 試驗地點

建立阿里山區域的物候監測網

樣區 編號	樣區位置	海拔高度 (m)
A	嘉義縣番路鄉公興社區	600
В	嘉義縣番路鄉龍美	1000
C	嘉義縣竹崎鄉奮起湖	1400
D	嘉義縣阿里山鄉十字路 附近	1800



● 物候調查

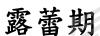
产花候期分類













始花期



盛花期



落花期

> 花候調查方式

物候調查時各海拔樣區選取3株樣木,每株樣木固定4-6個 枝條,計數樣枝5種花候期的數量。調查頻率為每年12月 開始,約每10天調查一次。

▶ 花芽開裂日期判定:

20~50%花芽處於花芽膨大 或露蕾期

(Alburquerque等, 2008)

▶盛開日期判定:

花芽處於始花期及盛花期 的數量達最大的日期

(Alburquerque等, 2008)



物候模式測試類別介紹

物候 模式	名稱	模式來源	應用物候 階段	測試參數	特性及積溫計 算方式	積溫起始 日
温時模式	Forc TT model	Chuine 等 (1999)	1.花芽開 裂期 2.盛開期	積溫的門檻溫度(0及5℃)	1.應用於解除外 在休眠 2.累積每小時積 溫至花芽開裂 或盛開期	日照時間開始變長 (假定內在解除)
冷積模式	North Carolina model (Nc)	Shaultout and Unrath (1983)	花芽開裂期	套用原模式各溫 度範圍的冷積權 重(最佳冷積溫 度為7.2-12.9℃)	1.不區分內外在 休眠 2.累積每小時冷 積權重至花芽 開裂期	每小時溫 度的冷積 權重持續 為正值時
	Low Chilling model (Lc)	Gilreath and Buchanan (1981)	花芽開裂 期	套用原模式各溫 度範圍的冷積權 重(最佳冷積溫 度為8.0-13.9℃)	同上	同上
	Subtropical model 1及2	研究測試 結果	花芽開裂 期	不同溫度範圍的冷積權重	同上	同上 (3年度約 在11月15 日)

冷積模式在不同溫度範圍的冷積權重

➤ 高溫範圍的冷積權重大小排序:
Subtropical 1 > Subtropical 2 > Low chilling model > North
Carolina model

North Carolina		Low Ch	Low Chilling		Subtropical		Subtropical		
model		mode	model		model 1			model 2	
Temp.	Chill	Temp.	Chill		Temp.	Chill	X	Temp.	Chill
$(^{\circ}C)$	unit	$(^{\circ}\mathbb{C})$	unit		(℃)	unit		$(^{\circ}\mathbb{C})$	unit
<1.5	0	<1.7	0		<4.7	0		<1.5	0
1.6-7.1	0.5	1.8-7.9	0.5		4.8-10.9	0.5		1.6-3.2	0.5
7.2-12.9	1.0	8.0-13.9	1.0		11.0-16.9	1.0		3.3-7.1	0.75
13.0-16.4	0.5	14.0-16.9	0.5		17.0-19.9	0.5		7.2-13.9	1.0
16.5-18.9	0	17.0-19.4	0		20.0-25.4	0		14.0-16.9	0.75
19.0-20.6	-0.5	19.5-21.4	-0.5		25.5-27.4	-0.5		17.0-19.9	0.5
20.7-22.0	-1.0	>21.5	-1.0		>27.5	-1.0		20.0-21.9	0
22.1-23.2	-1.5							22.0-24.4	-0.5
>23.3	-2							>24.5	-1.0

物候模式合適性的判定依據

根據相同山櫻花單株在不同年度花芽開裂或盛開 所需的累積溫度應相同的理論基礎 (Hsu等,2002)

▶篩選預測誤差小的物候模式

$$R_{A} = \frac{\sum_{i=1}^{N} |d_{pi} - d_{oi}|}{N}$$

RA: 預測誤差(以花芽開裂為例)

d_{pi}:預測花芽開裂日期

試驗以3年度花芽開裂所需積溫的平均值來預測

doi:實際花芽開裂日期

N:花季數

櫻花開花模式建 立步 驟



全台山櫻花開花時間變化

● 監測地點(海拔高度)



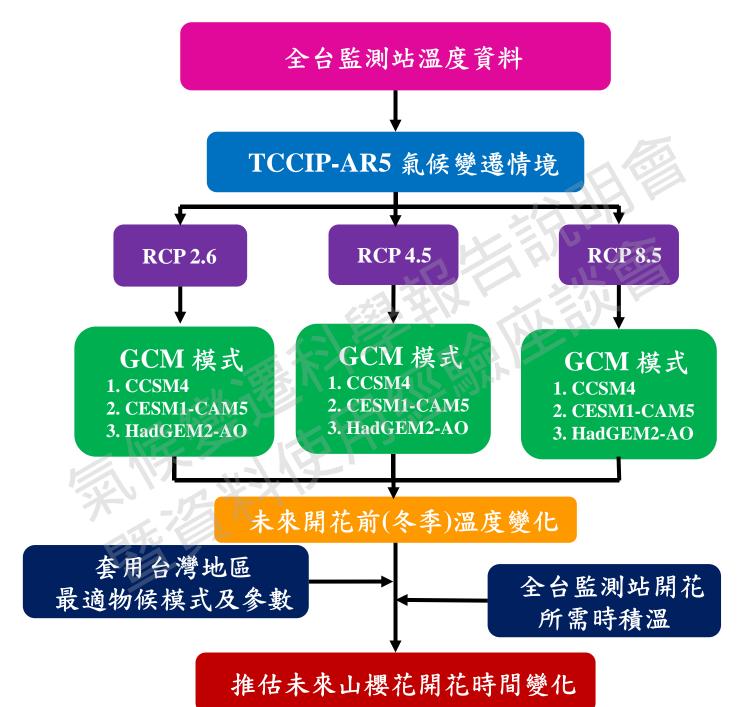
● 監測方式

設立縮時相機及HOBO



物候監測期間2016及2017年

櫻 花 開 花 時 間 變 化



結果與討論

2015至2017年阿里山各海拔山櫻花開花時間變化

海拔高 度 (m)	年度	花芽開裂 日期	盛開日期	花芽開裂日期 (Julian day)	盛開日期 (Julian day)
	2014/2015	1月14日	1月31日	14±7	31 <u>±</u> 8
600	2015/2016	1月23日	2月11日	23±14	42 <u>±</u> 14
延遲	→ 2016/2017	1月20日	2月6日	20±16	37±16
	2014/2015	1月24日	2月13日	24 <u>+</u> 9	44 <u>+</u> 4
1000	→ 20162016 U	2月4日	2月27日	35±14	58±10
延遲	2016/2017	2月6日	2月25日	37±17	56±11
	2014/2015	1月6日	1月28日	6±15	28±11
1400	2015/2016	1月5日	1月27日	5±17	27±14
	2016/2017	1月8日	1月27日	8 <u>±</u> 16	27 <u>±</u> 17
	2014/2015	12月31日	1月29日	-1 <u>±</u> 5	29 <u>±</u> 6
1800	20152016	1月3日	1月27日	3 <u>±</u> 5	27 <u>±</u> 8
	2016/2017	1月3日	1月26日	3 <u>±</u> 5	26 <u>±</u> 5

3年度阿里山冬季温度變化

- > 花芽開裂前的溫度變化
- ✓ 12月份: 2015及2016年各海拔月均溫約高於2014 年2.7至3.1℃
- ✓ 1月份:

)10.0 2016及2017年各海拔月均溫約高於2015年 0.7至2.6℃

花芽開裂日期與溫度變化關係 2015/2016及2016/2017冬季暖化現象伴隨 著低海拔(600及1000 m)開花時間延遲6至13 天,但中海拔地區延遲現象不明顯



20.0

15.0

5.0

0.0

600m

1000m

12月均溫

■2014年 ■2015年 ■2016年

1400m

1800m

花芽開裂期套用不同物候模式的預測誤差

- ▶ 由於山櫻花屬於溫帶落葉樹種,需要累積一定量的冷積溫來解除內在休眠,因此僅考量外在休眠的溫時模式不適用於山櫻花開花時間預測
- ▶ 國外應用於暖溫帶地區的冷積模式也不適用於台灣低海拔地區,若增加高溫 範圍的冷積權重(如subtropical model 1及2)對阿里山各海拔地區的花芽開裂 時間有最佳的預測能力
- ➤ Subtropical model 2較Subtropical model 1在低溫範圍有較高的冷積權重,各海拔最適用的冷積模式不同,可能導因於各海拔山櫻花種原有差異,所以對溫度有不同的冷積效用

	溫時模	其式	冷積模式						
海拔高度	ForcTT model		North Carolina model	Low Chilling	自訂1 Sub- tropical	自訂2 Sub- tropical model 2			
(m)	門檻溫度(℃)			model	model 1				
	0	5							
600	5.7	7.3	28.3	16.7	2.7 最佳	4.0			
1000	8.0	10.3	7.3	6.0	4.7	0.7 最佳			
1400	2.0	3.3	10.0	7.7	0.7 最佳	4.3			
1800	3.7	5.7	4.0	1.7	4.7	0.3 最佳			

3年度阿里山各海拔冬季冷積溫與花芽開裂時間比較

▶ 低海拔地區(600及1000)

低海拔套用適用的冷積模式,發現 2016及2017年度由於12及1月份冷積溫不 足導致低海拔花芽開裂時間明顯較2015 年延後

▶ 中海拔地區(1400及1800)

由於3年度中海拔地區的12及1月份冷積溫相似,導致3年間花芽開裂時間相似

3年度阿里山花芽開裂日期

年度	600 m	1000m	1400 m	1800 m
2015	1月14日	1月24日	1月6日	12月31日
2016	▶1月23日	2月4日	1月5日	1月3日
2017	1月20日	2月6日	1月8日	1月3日





1800m採用Subtropical 2 model

盛開期套用不同物候模式的預測誤差

- > 不適用預測山櫻花花芽開裂時間的溫時模式也不適用於預測盛開時間
- ► 套用最適用的冷積模式預測花芽開裂時間再利用溫時模式(即Forc TT model) 預測盛開時間有最佳的預測能力

	温時相	莫式	冷積模式+溫時模式			
海拔高度 (m)	ForcTT model		Subtropical 1 或Subtropical 2 + ForcTT model ¹			
	門檻溫度(℃)		門檻溫	温度(℃)		
	0	5	0	5		
600	6.7	8.0	1.7 最佳	1.7 最佳		
1000	8.0	9.3	1.3 最佳	1.3 最佳		
1400	2.7	6.0	1.0 最佳	2.0		
1800	4.0	9.3	1.0 最佳	2.3		

註1: 600及1400m 採用Subtropical 1+ ForcTT model 1000及1800m採用Subtropical 2+ ForcTT model

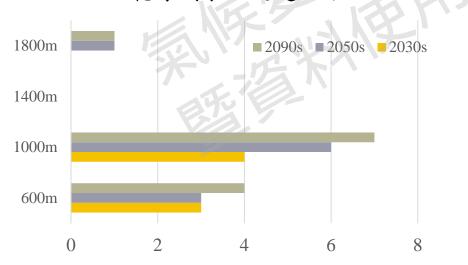
阿里山各海拔未來開花時間模擬(RCP 2.6情境)

▶ 冬季增溫幅度在暖化減緩情境,未來冬季增溫幅度為0.7至1.2℃

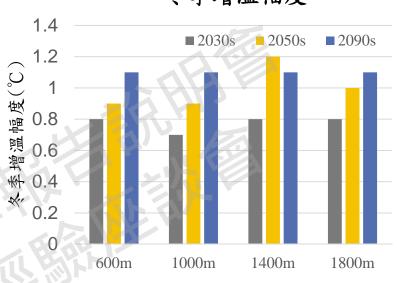
▶ 花芽開裂日期本世紀中至末冬季溫度些微升高將使1000m海拔地區冷積量不足,致使花芽開裂日延遲6至7天,但對中海拔地區影響不明顯▶ 盛開日期

低海拔地區受花芽開裂期延遲影響,盛開時間也會<mark>些微延後</mark>,而中海拔在滿足冷積需求後,冬季增溫會使其盛開時間些微提早

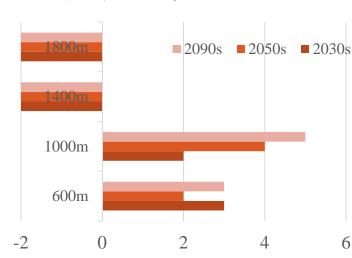
花芽開裂日延遲天數



冬季增溫幅度



盛開日延遲天數



阿里山各海拔未來開花時間模擬(RCP 4.5情境)

> 冬季增溫幅度

在暖化穩定情境,世紀末冬季增溫幅度 為1.7℃

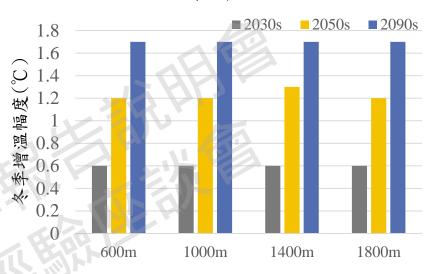
▶ 花芽開裂日期

本世紀中至末冬季溫度升高將使低海拔 地區花芽開裂日延遲5至12天,但對中海拔 地區影響不明顯

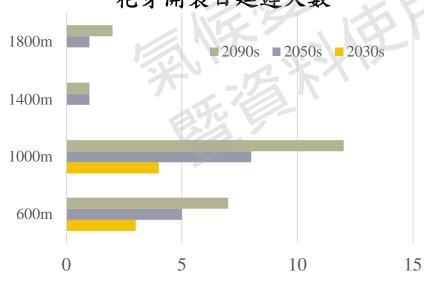
▶ 盛開日期

低海拔地區受花芽開裂期延遲影響,盛開時間也將延後4至8天,而中海拔的盛開時間會些微提早

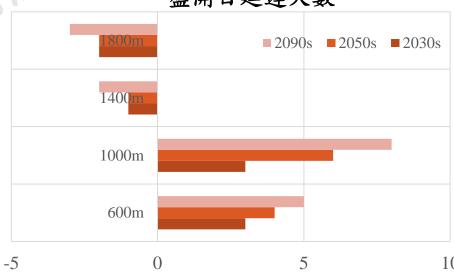
冬季增溫幅度



花芽開裂日延遲天數



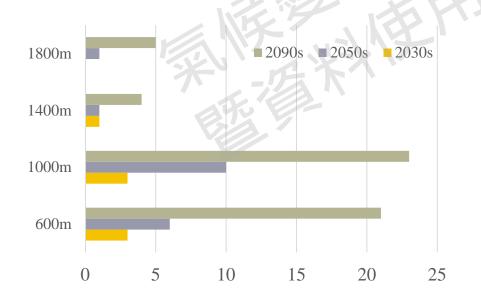
盛開日延遲天數



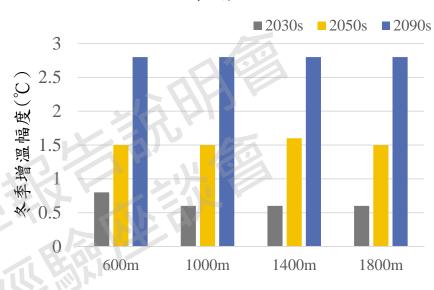
阿里山各海拔未來開花時間模擬(RCP 8.5情境)

- ▶ 冬季增溫幅度在暖化加劇情境,世紀末冬季增溫幅度達2.8℃
- ▶ 花芽開裂日期 世紀末冬季溫度大幅升高將使低海拔地 區花芽開裂日延遲21至23天,但對中海拔地 區影響較不明顯
- ➤ 盛開日期 世紀末低海拔地區受花芽開裂期大幅度 延遲影響,盛開時間也將延後15至19天,而 中海拔的盛開時間仍會些微提早

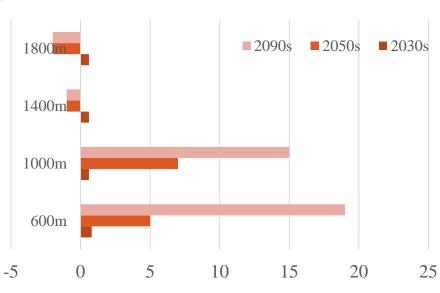
花芽開裂日延遲天數



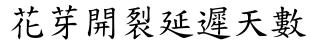
冬季增溫幅度

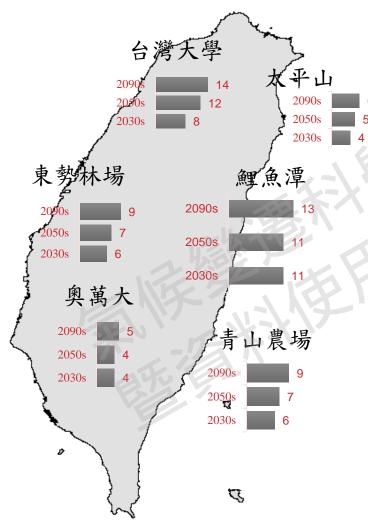


盛開日延遲天數

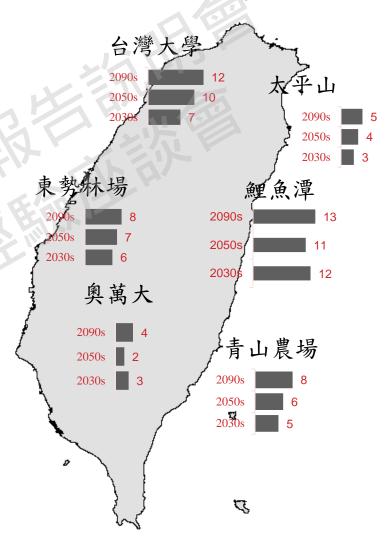


全台物候站未來開花時間模擬(RCP 2.6情境)

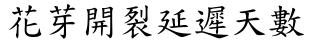


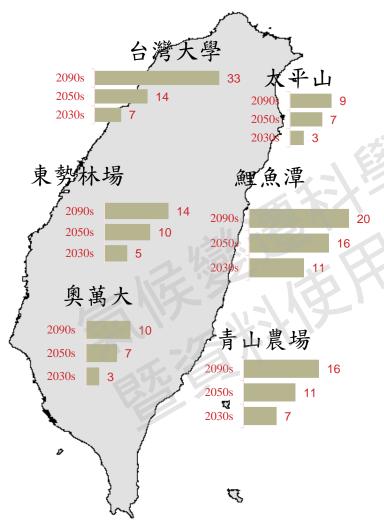


盛開延遲天數

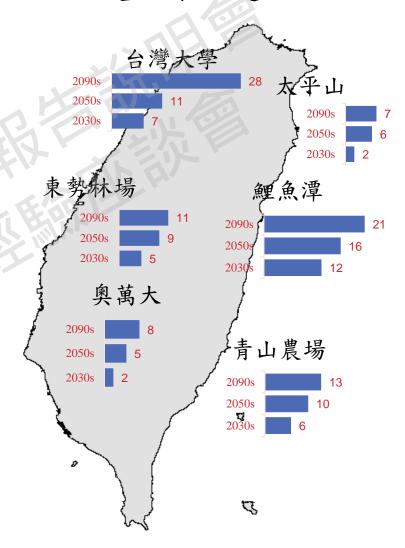


全台物候站未來開花時間模擬(RCP 4.5情境)

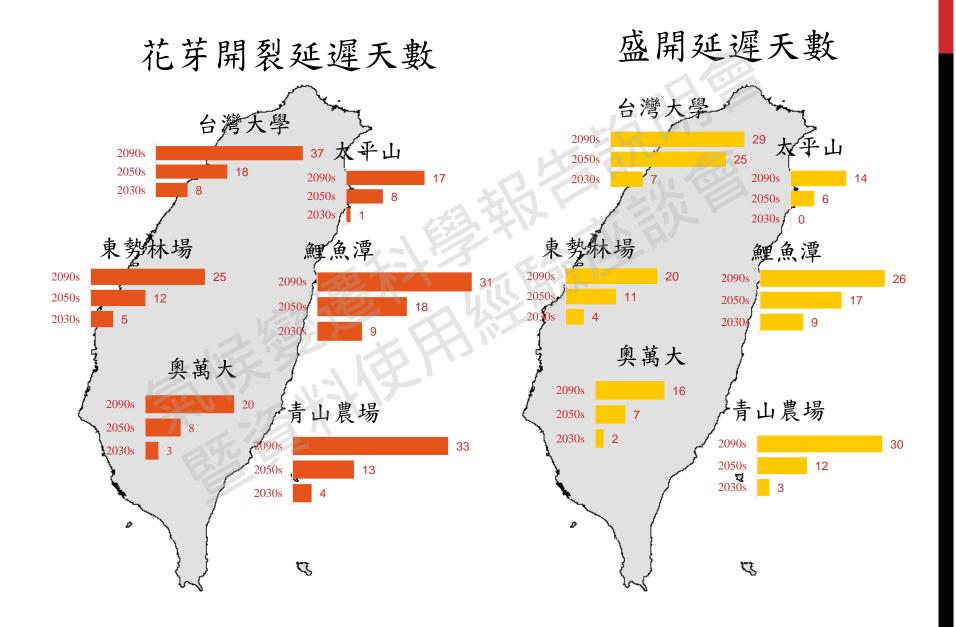




盛開延遲天數



全台物候站未來開花時間模擬(RCP 8.5情境)



結論

- ▶山櫻花屬於溫帶落葉樹種,溫時模式沒有考慮到低溫需求,因此無法對山櫻花開花進行有效的預測
- ➤ 國外使用的冷積模式North Carolina model及 Low Chilling model不適用於台灣低海拔地區的預測上
- 本研究藉由調整參數,建立適合評估台灣低至中海 拔山櫻花開花時間的冷積模式,且模式參數可能受 種原影響
- ➤近3年阿里山各海拔調查資料顯示,暖冬使低海拔 地區(1000m(含)以下)冷積量明顯降低,致使開花 時間延後1至2周,但中海拔地區較不受影響

結論

▶利用台灣適用的物候模式<u>預測未來不同情境開花時</u>間變化

✓ RCP 2.6

預估冬季增溫對2030s 年全台開花時間影響不顯著,但2050s 及2090s冬季增溫將使低海拔地區(1000m(含)以下)開花時間延後 1至2周,而中海拔地區影響較不明顯。

✓ RCP 4.5

預估2050s及2090s冬季增溫將使低海拔地區(1000m(含)以下)開花時間延後1至4周,且2090s平地地區約延後20天以上。

✓ RCP 8.5

預估2050s及2090s冬季增溫將使低海拔地區(1000m(含)以下)開花時間延後1至4周以上,且2090s平地地區約延後1個月以上。

TCCIP提供資料的建議

> 增加模擬資料解析度

原本解析度為5Km,由於台灣地形起伏大,建議增加空間解析度

> 提供台灣各分區模擬溫度適用的GCM模式

目前TCCIP團隊已依據台灣降雨特性及模擬度的表現,提供台灣各分區模擬降雨量適用的GCM模式,建議計畫團隊可以提供使用者台灣各分區模擬溫度適用的GCM模式

> 補充生產履歷說明

目前TCCIP網頁僅有AR4推估(統計降尺度)雨量及平均溫度月資料的生產履歷說明,建議補充AR5相關說明

> 調整資料申請期限的限制

有些長期調查試驗即使政府委託的執行期限已終止,但仍持續收集及分析資料,因此建議TCCIP計畫團隊能調整計畫執行期間才能申請資料的限制

