

臺灣低溫分析及於寒害預警之應用

陳淡容 朱容練 林欣弘 陳奕如 于宜強
國家災害防救科技中心

摘 要

寒害是臺灣四種氣象災害之一，每每嚴重低溫寒流的發生都會導致嚴重農損，2016年一月份所謂霸王級寒流就造成全臺42億元以上的農漁業損失。如何建置一個可以提供農業單位寒害預警的系統，是防災單位所需要的。

本研究針對過去臺灣之低溫進行空間和時間分布的分析，藉以瞭解臺灣低溫的特性，分析結果顯示臺灣發生寒流時，低溫影響範圍大多集中在北部，影響到中部地區的發生頻率較低。透過瞭解低溫和寒害災損間的關係，建置一個可以針對容易遭受寒害影響的農業物種提供低溫預警的系統。與行政院農業委員會農業試驗所合作，結合臺灣主要養殖魚種和種植作物低溫警戒值，當中央氣象局鄉鎮預報溫度低於警戒值時，系統則針對不同魚種/作物以不同顏色燈號之方式提供農業預警訊息，供農政單位參考使用，以及早做好減災措施，降低低溫造成的災害。

關鍵字：低溫、寒害

一、前言

臺灣除了颱風、梅雨、乾旱因雨量引發的天然災害外，還有受低溫造成的寒害。臺灣位於東亞地區，冬季受到來自西伯利亞的冷氣團影響而有寒流發生，2016年1月的極端寒流事件讓臺北站創下44年來的低溫紀錄，且出現長達62小時的連續低溫，農業損失金額高達42億元。臺灣地區冬季高經濟作物如高接梨、葡萄和蓮霧等，很容易受溫度影響生長。以梨子為例，適合芽體生長的溫度為23°C，當溫度低於15°C和1°C時，芽體死亡的機率分別達10%和90% (Longstroth, 2012)。低溫除了影響農作物生長外，低溫會造成果實凍傷，連續長時間的低溫亦會造成魚類凍死，造成農、漁業重大的損失。

有研究指出，在氣候變遷的影響下，全球平均溫度有增加的趨勢，臺灣地區的平均氣溫亦有增加的情形，其中近30年來冬季平均溫度增加的幅度較其他季節來得顯著(許等, 2011)。雖然分析指出冬季平均溫度有增加趨勢，低溫發生頻率降低，但在氣候變遷影響下，往往一次極端事件便會造成重大損失，因此如何降低未來寒流事件造成的災害將非常重要。

本研究為建置低溫預警系統，針對過去寒流與寒害事件進行分析，並利用行政院農業委員會農業試驗所(簡稱農試所)所提供的農業寒害資料進行歸納建置預警標準，使用中央氣象局鄉鎮預報的溫度資訊建置以鄉鎮區為單位的低溫預警及農業物種預警展示系統。

二、歷史低溫分析

中央氣象局預報作業上定義臺北市日最低溫達10°C以下稱為寒流，另中央災害應變中心作業要點則規定當中央氣象局預報溫度連續24小時達6°C以下時應成立應變中心，以因應低溫可能造成的災害，因此本文利用10°C和6°C兩種溫度門檻，並先以臺北測站小時溫度資料分析歷史低溫事件。以1961年至2016年11月至3月的溫度分析結果(圖1)顯示，臺北測站分別達到10°C (藍線)和6°C (橘線)以下的日數皆有減少的趨勢，其中10°C減少的趨勢較6°C明顯，而且前期(1961~1983年)遞減的趨勢較後期顯著(圖未示)。這些低溫事件的發生延時大多集中在四分之一天，溫度低於10°C的發生延時超過1天的所佔比例僅8%，有68%的發生延時都在半天之內，而溫度低於

6°C的低溫事件中發生延時超過半天的僅佔2%，延時越長的發生頻率越低(圖2)。

前述為僅以臺北測站歷史溫度做分析的結果，為瞭解臺灣寒流發生時，各地溫度分布的情形，本文使用26個局屬平地測站(設站高度500 m以下)的日溫度資料，分析1982至2016年冬天(12月至2月)的溫度變化。中央氣象局定義，當臺北日最低溫介於12°C至14°C時的天氣系統為「大陸冷氣團」，而介於10°C至12°C則稱為「強大大陸冷氣團」，因此本文選定14°C、12°C、10°C、6°C和0°C做為門檻，分析過去35年26個平地局屬測站於冬季達到不同溫度門檻的所佔比例及其日均溫和日最低溫的平均值(表1)。各地冬季日均溫的平均溫度皆超過15°C，而日最低溫的平均溫度除了外島、南部和東部地區外，其餘地區的平均溫度皆在15°C以下。淡水、新竹、臺中和嘉義有超過一半的天數日最低溫低於14°C；達到12°C和10°C以下的測站主要為淡水、新竹和嘉義，約有30%的天數日最低溫有達到12°C以下，達10°C以下的日數則有超過10%，其中以淡水最多，嘉義次之。東部和南部地區在過去35年日最低溫達到6°C以下的日數為0%，全臺平地測站達到0°C以下的天數則為0%。

1982年至2015年間共有205天寒流發生，其中一月份發生的頻率最高，有99天，2月67天次之，而當寒流發生時，各地平地測站達不同溫度門檻的發生日數如表2所示。分析結果顯示，當寒流發生時，發生低溫的主要測站為淡水，與臺北站皆超過200天，其次為新竹189天，彭佳嶼、宜蘭、臺中和嘉義皆有超過150天發生日最低溫低於10°C，其中大武和恆春並沒有低於10°C的天數出現。過去35年寒流發生時僅3天溫度有達到6°C以下，日最低溫達6°C以下的測站最南到臺南，東部和高雄以南皆沒有發生過。當寒流發生時所有分析測站於同日達到10°C和6°C門檻的百分比如表3所示，顯示低溫發生時大多數的情況為半數的測站有達到10°C門檻，超過75%測站皆達10°C以下的發生日數僅4天，而低於6°C門檻的發生日數則以50%~75%較多。

為瞭解影響臺灣寒流的規模，以及溫度與寒害間的關係，本文選定幾個指標與災損金額做分析，除了不同溫度門檻的發生日數外，參考Liu et al. (2015)定義的測站日數(station-day)做為評估指標，本文後續將該指標簡稱為SDI(station-day index)。分析1998年至2015年的寒害災損，顯示寒害損失金額最高的月份與低溫發生日數同為1月最高，損失金額高達62億元，12月和2月份的損失金額分別為32億元和31億元。SDI為發生日數和測站數的累加，因此除了時間外還同時考慮了空間的影響，分析結果顯示SDI值在一月最高，為469，12月和2月的SDI值分別為209和227。SDI值因同時隱含了時間和空間的資訊，高的SDI值可能代表北部測站常常有低溫發生，或是寒流發生天數不多但是達到溫度門檻的測站數較多。為了區別兩種情況，本文分別對SDI作時間和空間的標準化。

進一步分析歷年災損金額和各指標(發生日數、SDI、時間和空間標準化的SDI)的關係，溫度門檻達10°C的結果顯示災損金額與SDI和空間標準化之SDI相關係數較佳，相關係數皆為0.68，與發生天數的相關係數為0.59，與時間標準化之SDI相關係數最低，為0.41；溫度門檻6°C的結果則顯示各指標與災損金額的相關係數皆為0.73，同樣有不錯的相關性。若將災損和指標分月份再看其關聯，結果顯示分月份的相關性皆較高，達10°C門檻的結果顯示災損與SDI和空間標準化之SDI的相關係數趨近於1，與發生日數和時間標準化之SDI相關係數分別為0.98和0.65；達6°C門檻的結果則顯示各指標與災損的相關係數皆趨近於1。

初步分析結果顯示以10°C和6°C做為溫度門檻時，該門檻值下的多項指標與災損有不錯的相關性，另外再多選取較極端的溫度門檻0°C，以此三種溫度做為門檻，利用中央氣象局鄉鎮預報的溫度建置寒害預警系統。

三、低溫預警系統建置

本系統利用前述選定的低溫門檻值，依據中央氣象局鄉鎮預報之3小時溫度資訊建置鄉鎮區低溫預警系統(圖3)，並使用不同顏色區分不同程度的低溫影響，其中黃色為最低溫達10°C以下、紅色為連續12小時達10°C以下或最低溫達6°C以下、紫色為連續24小時達6°C以下或最低溫達0°C以下。當寒流發生時，低溫分布範圍將隨著天氣系統逐漸南下而擴大至中南部地區，本預警系統會自動判斷各鄉鎮區受低溫影響的程度，以不同燈號顯示。使用者僅需透過預警系統的低溫示警燈號便能瞭解寒流低溫影響的最新動態。另外預警系統亦將不同警戒程度的縣市、鄉鎮以列表的方式呈現在圖的旁邊，列表最上方有藍色橫條顯示受影響的鄉鎮數比例，列表內容則以受影響程度最嚴重的紅色開始呈現，方便使用者查詢與瀏覽詳細的鄉鎮區低溫預警燈號。

為降低因低溫造成的農、漁業損失，國家災害防救科技中心與農試所合作，利用農試所提供之主要高經濟農作物和易受低溫影響之養殖魚類，依照其低溫耐受程度結合中央氣象局鄉鎮預報之溫度，展示不同物種之低溫預警分布圖(圖4、圖5)，同時以顏色區分不同程度之影響。以圖4高接梨燈號示警圖為例，系統依據2017年2月8日的溫度預報及高接梨的低溫耐受性進行判斷，中部地區(紅色區域)的高接梨作物將受低溫影響，而高接梨的主要種植區(圖中綠色位置)正位於該低溫事件之預警高風險區，使用者能從圖示獲取相關資訊以及早做準備，達到減災的目的。本低溫預警系統所提供之預警農作物種類除高接梨外，尚有蓮霧、葡萄及芒果，養殖漁業物種有虱目魚、鯛魚、石斑魚、鱸魚及蝦類。

本預警系統主要以視覺化方式呈現各鄉鎮區的低溫分布情形，同時使用農試所所提供之示範警戒值，將主要農作物和養殖魚類的溫度耐受性與中央氣象局鄉鎮預報的溫度

資訊結合，提供以不同顏色之燈號顯示方式來呈現未來低溫發生區域，及相對應可能受低溫衝擊之農作物分布位置，同時提出預警。

四、結論

本研究從災害應變的角度出發，分析歷史低溫事件的變化趨勢，並嘗試建立監測指數作為評估寒害規模與影響程度的即時指標，相關成果可做為寒害預警系統的建置參考。從目前開發的第一版災害預警系統顯示，寒流來臨時，可針對農業部分發揮早期預警的效用，可為農政單位多爭取一至二天的應變整備時間，並於2016年冬季的低溫事件中落實。相關的寒害基礎研究與寒潮歸因分析則是後續須進一步加以分析和釐清的重要工作。

參考文獻

Longstroth M. (2012), Freeze Damage Depends on Tree Fruit Stage of Development. Michigan State University Extension.

Wei Liu, S.-Y. Huang, D. Li, C.-Y. Wang, X. Zhou, S.-S. Chen (2015), Spatiotemporal computing of cold wave characteristic in recent 52 years: a case study in Guangdong Province, South China., Nat Hazards, Vol. 79, pp 1257-1274

許晃雄、陳正達、盧孟明、陳永明、周佳、吳宜昭等，2011：臺灣氣候變遷科學報告 2011。行政院國家科學委員會，362 頁。

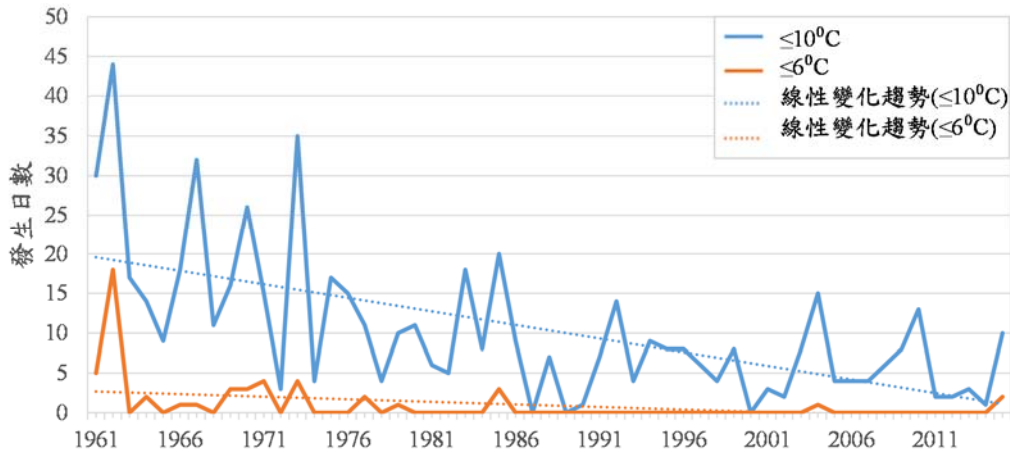


圖1 臺北站從1961年至2016年溫度分別達到10°C (藍線)和6°C (橘線)以下的發生日數(單位：天)，其中點線為變化趨勢

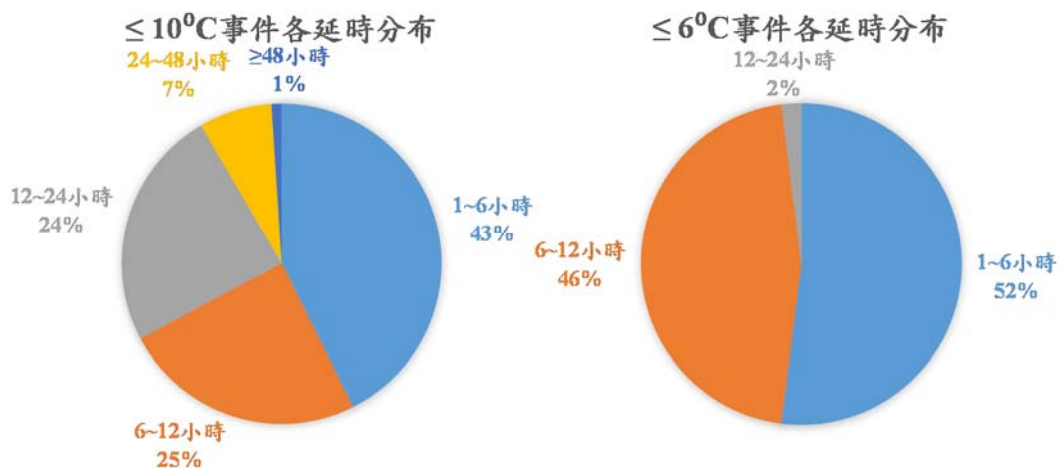


圖2 臺北站從1961年至2016年溫度分別達10°C (左)和6°C (右)以下的發生延時分布

表1 1982至2015年冬天各地測站的日均溫 and 日最低溫的平均值，及日最低溫達不同溫度門檻的所佔比例

測站名	平均氣溫 (°C)		日最低溫達各溫度門檻所佔比例 (%)				
	日均溫	日最低溫	14°C	12°C	10°C	6°C	0°C
淡水	15.91	13.17	58.78	33.21	15.86	1.55	0
臺北	16.89	14.61	41.41	18.65	6.62	0.09	0
基隆	16.64	14.6	40.93	18.14	5.06	0.16	0
彭佳嶼	16.31	14.36	44.76	23.14	8.07	0.28	0
花蓮	18.58	16.04	20.32	5.35	0.73	0	0
蘇澳	17	14.7	40.65	16.68	4.4	0.06	0
宜蘭	16.89	14.31	45.01	20.04	6.36	0.16	0
東吉島	18.47	17.02	11.52	1.65	0.16	0	0
澎湖	17.58	16.01	22	5.57	0.44	0	0
臺南	18.39	14.99	35.77	14.66	3.93	0.13	0
永康	18.31	14.8	20.1	8.86	3.07	0.09	0
高雄	20.08	16.63	16.3	4.78	0.79	0	0
嘉義	17.2	13.27	58.78	32.83	14.53	1.2	0
臺中	17.4	13.78	52.83	26.72	9.43	0.63	0
大武	20.85	18.08	3.26	0.38	0	0	0
新竹	16.12	13.47	56.66	29.88	11.93	0.57	0
恆春	21.34	18.82	1.49	0.32	0.06	0	0
成功	19.39	16.92	11.11	1.33	0.19	0	0
蘭嶼	18.92	17.37	6.71	0.54	0.03	0	0
臺東	20.01	17.41	9.4	0.82	0.09	0	0
梧棲	16.6	14.05	49.6	22.57	7.25	0.13	0

表2 1982年至2015年冬天發生寒流時各測站達門檻值的發生日數

測站代碼	測站名	≤ 10 °C	≤ 06 °C
466900	淡水	204	3
466920	臺北	205	3
466940	基隆	137	2
466950	彭佳嶼	155	2
466990	花蓮	22	0
467060	蘇澳	117	2
467080	宜蘭	152	3
467300	東吉島	5	0
467350	澎湖	13	0
467410	臺南	92	3
467420	永康	57	2
467440	高雄	25	0
467480	嘉義	167	3
467490	臺中	151	3
467540	大武	0	0
467571	新竹	189	2
467590	恆春	0	0

467610	成功	6	0
467620	蘭嶼	1	0
467660	臺東	3	0
467770	梧棲	147	3

表 3 達門檻的測站數百分比

(%)	$\leq 10^{\circ}\text{C}$	$\leq 06^{\circ}\text{C}$
> 75	4	0
50~75	65	2
25~50	104	1
<25	32	0

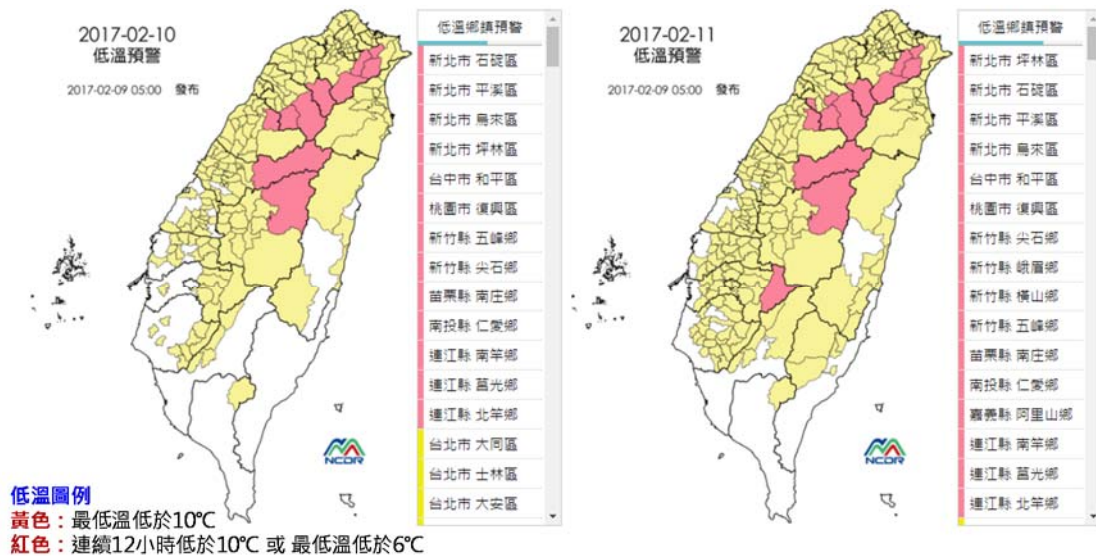


圖3 利用中央氣象局於2017/02/09上午5時發布之鄉鎮預報溫度資料繪製未來兩天各鄉鎮溫度警示燈號

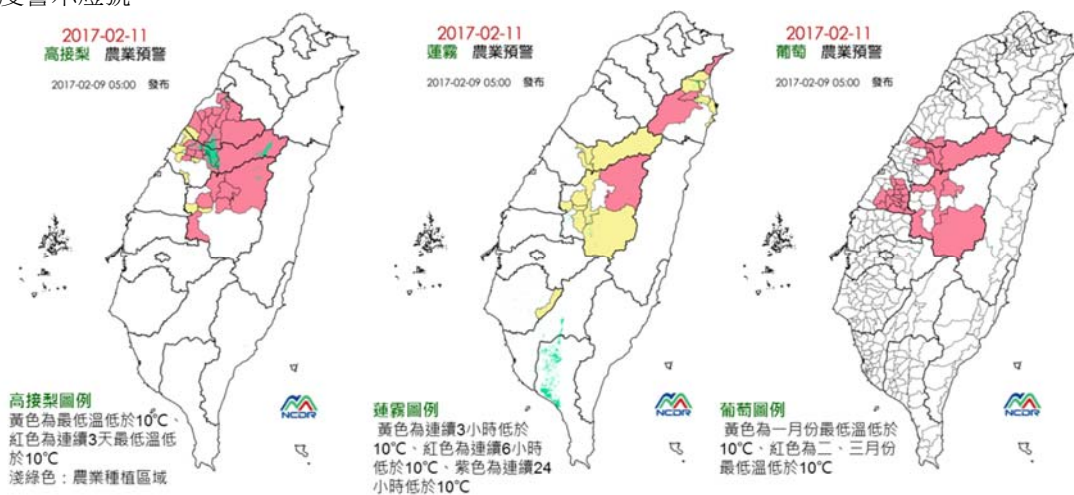
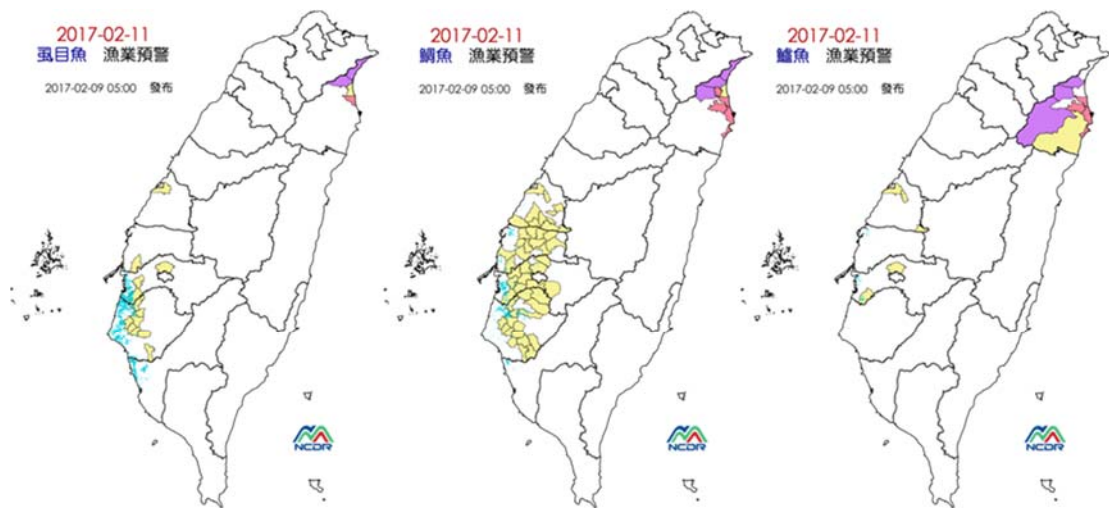


圖4 利用中央氣象局2017/02/09上午5時發布之鄉鎮預報溫度資料繪製不同農作物之低溫預警產品



漁業圖例

警戒值使用最低溫低於10°C連續天數為標準
 黃色為連續1-2天、紅色為連續三天、紫色為連續四天
 淺藍色：漁種養殖區域

圖5 同圖4，為養殖魚類之低溫預警產品