

高低溫機率預報決策支援系統之發展與建置

周筱倩 張惠玲 馮智勇 陳奕翰

中央氣象局

科技中心

摘要

普遍民眾多以單一決定性預報作為預報指引，但隨預報時間拉長，預報不確定性明顯提高，導致單一預報失準造成錯誤決策，對於天氣事件的不確定性表述較適合採用機率預報。本研究擬採用系集機率預報來進行決策支援平台的建置，並結合使用者成本及損失，將預報的不確定性量化，以提供使用者獲取最大經濟效益為優先考量，供其面臨天氣事件發生時得以判斷是否採取防範措施，以降低災損。

本研究目前所建置的決策系統主要有兩大功能，其一為「特定農作區」，是根據農業單位提供之全臺 57 個農作專區及專區作物的高低溫警戒值，透過使用者輸入所在位置的經緯度點及所選作物，即可顯示該區未來 1~14 天的決策建議；另外，因部分資訊涉及商業機密無法公開，可由「作物專區總覽」提供使用者自行設定所需成本及損失等，系統會依據設定檔資訊顯示該專屬農作專區在未來 1~15 天高溫與低溫災害總天數，並以預警燈號表示，其中紅燈代表重度危害，黃燈代表輕度危害，以提供使用者最佳農事決策建議。

近年，受氣候變遷、極端溫度事件影響，預報資訊的精確性及普及性更為重要，當天氣事件發生時，若能透過高低溫機率預報決策支援平台供使用者參考是否採取防災行動、及時止損，預期可幫助使用者避害趨利，且使預報資訊更具社會經濟價值。

關鍵字：機率預報、防災行動、經濟價值

一、前言

隨著近年全球暖化加劇，極端溫度事件已成為大眾最為關注的議題之一，不僅影響著台灣人民的生存環境，許多產業經濟也遭受氣候變遷的衝擊而導致災損，其中，極度仰賴天候條件的農事生產便是首當其衝。因此，若能提前預報未來兩週的高低溫事件及農作物經濟價值決策資訊，即可提供農民及相關農業單位依決策分析結果來進行防災行動、降低農損。過去我們常以系集預報作為判斷天氣事件的依據，但對於具高度不確定性的高低溫事件，系集預報的離散度不足缺失，使得預報準確率降低。本研究擬採用系集機率預報取代系集預報的方式，透過涵蓋最大的預報不確定性來進行決策分析，並建置決策支援平台提供使用者防災建議，期望能有效降低決策失誤的發生，圖一為機率預報示

意圖。

二、資料來源與分析方法

(一) 資料來源

1. 使用農委會提供之全臺 56 農作專區各農產品的溫害門檻及經緯度點，並依據各農作物遭受危害所對應的高低溫門檻，標示出警戒燈號，表一為 56 農作區示意表。
2. 預報場資料使用氣象局所發展之 EKDMOS 高低溫機率預報，水平解析度 0.01972°，溫度門檻為 0~40°C，每天預報未來 1~15 天，即時資料長度從 2019 年 8 月 1 日至今、歷史資料則取自 2015 年至 2018 年，分冷季(11-04 月)與暖季(05-10 月)。觀測資料使用氣象局 GFE 1 公里高解析網格資料，每日產出一筆高低溫資料。

(二) 分析方法

決策者以機率預報為依據作出決策時，該預報所能帶來的經濟效益，稱為經濟價值 (Economic Value)。防災行為考慮因子包含下列三項：每次執行防災行為

所需花費的成本(C)、執行防災後可避免之損失(Lp)以及執行防災後仍無法避免的損失(Lu)。災損與防災行動的成本矩陣如表二所示。

經濟價值計算，方法如下式(1)

$$EV = \frac{Eclimate - Eforecast}{Eclimate - Eperfect} \quad (1)$$

EV 值愈高，代表參考預報模式作決策所得到的經濟價值愈高，若 EV 接近 0，則模式輸出非常接近氣候值，亦即只需參考過去經驗就能作出決策判斷，此時預報模式對決策者並無效益。Eclimate 代表依據歷史資訊進行決策的期望花費，表示為：

$$Eclimate = \text{Min}[\bar{o}(Lp + Lu), C + [\bar{o}Lu] \quad (2)$$

其中 \bar{o} 為災害出現的機率。

Eforecast 表示採用 EKDMOS 模式預報的期望花費，可表示為：

$$Eforecast = h(C + Lu) + fC + m(Lp + Lu) \quad (3)$$

比較每個格點的 Eclimate 和 Eforecast 後取最小值，便可得到由此兩個參數所組成的整體最低期望花費值。若計算後的格點為 Eforecast，我們會將最新的預報(Pf)帶入與最佳機率門檻(Pt)進行比較，若超過最佳機率門檻則表示建議進行防災行動，反之則為不需進行防災作為；若該格點為 Eclimate 會得到一個 r 值，r 值代表 Cost/Loss Ratio，為「防災行動成本與進行防災行動後可避免損失之比值」，與決策者種植農作物投入的成本及獲益相關，r 值愈小表示決策者用少量成本即可避免掉大量損失，若 Eclimate 大於 r 值則建議進行防災準備。

三、 機率預報決策支援平台設置與功能介紹

本平台已規劃將上述之各農作物農產區作為單點預報，顯示其遭受溫害時是否需採取防災行動之特定農作區與作物專區導覽的溫害決策支援計算流程如圖二。在網頁頁面展示部分，主要分為兩大功能，一為「特定農作區」，圖三使用已建於後端資料庫的全臺 56 農作專區，每個特定農作區會對應到該作物所屬溫害門檻，依門檻值標示出高溫與低溫的紅燈及黃燈警戒，網頁操作流程如圖四，當使用者選定預報日

期，輸入初始時間、行動成本、可避免損失、無法避免損失後點擊查詢預報結果，即可顯示決策資訊，若是亮紅燈代表重度危害，亮黃燈代表告訴決策者可能發生輕度危害可施行防災行動，不亮燈則表示毋須作任何防災行動。初期建置平台時，由網頁輸入資訊、計算到產出圖檔平均耗時 30 多秒，原因在於程式架構讀檔時是先計算整個台灣陸地格點共 42,518 點後才取鄰近點至欲展示的站點位置，而我們目前已針對計算速度進行優化，於讀檔時即取出欲展示的站點位置再進行決策計算，優化後的運行時間縮減至 3 秒，大幅改善平台效能。

另一功能如圖五是考量使用者情境所建置的「作物專區導覽」，需先登入會員才可瀏覽操作，使用者可於網頁上直接輸入多筆農作物或多個地區之經緯度，以及設定作物對應的溫害門檻和關心的成本損失等資訊，本平台會依據後端程式的歷史資料列聯表與 EKDMOS 的模式資料進行格點的期望花費值計算，經濟價值分析後所得到的花費期望值，依作物溫害門檻標示警戒燈號。圖六為溫害總天數，則幫使用者計算未來 1~15 天總共會發生溫害事件的總天數，並以不同累積天數對應不同的顏色尺標，採打點的方式標記在地圖上，提醒決策者需注意未來 1~15 天可能有連續高溫或低溫現象的發生，讓決策者依自行栽種之作物及對應的溫害門檻提前作出防災措施。

未來將針對預報來源提供第三週與第四週高溫或低溫預警資訊，目前規劃於「特定農作區」頁面下方直接展示決策分析結果，「作物專區導覽」則是於 1~15 天之結果下方新增第三週與第四週低溫與高溫災害預警圖。

四、 總結

本研究係針對農作物專區可能因高溫或低溫事件造成經濟損失，採用機率預報的方式來進行決策支援平台建置，透過結合使用者成本與可避免、不可避免損失，來量化預報的不確定性，以使用者可獲取最大經濟效益及降低農業損失為優先考量，提供其面臨天氣事件發生時能夠準確判斷採取防範措施與否。

經濟價值分析協助我們在評估使用機率預報作

決策判斷時可以帶來多少的效益。透過本平台針對使用者所在格點位置，將歷史氣候資料與預報資料相比後，若計算後的格點為 Eforecast，將再與最佳機率門檻 (Pt)進行比較，超過最佳機率門檻即表示建議進行防災行動；若該格點為 Eclimate 則會得到一個 r 值 (Cost/Loss Ratio)，r 值大小表示決策者需要花費多或少的成本來避免損失，當 Eclimate 大於 r 值建議進行防災準備。

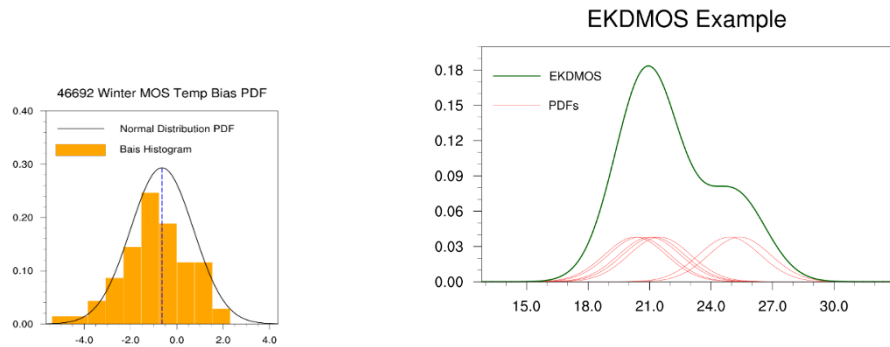
平台建置也依使用者特性區分，在網頁上只需選定關注農產或輸入自行栽種的農作物所在經緯度位置，即可幫助使用者進行經濟價值分析的計算，並以警示燈號來展示危害程度，提供判斷是否作出決策行動來避免農業損害。未來也將增加第三週與第四週高/低溫預警資訊，提供使用者能更早作出決策行為，預期能有效且大幅降低經濟損失

五、 參考文獻

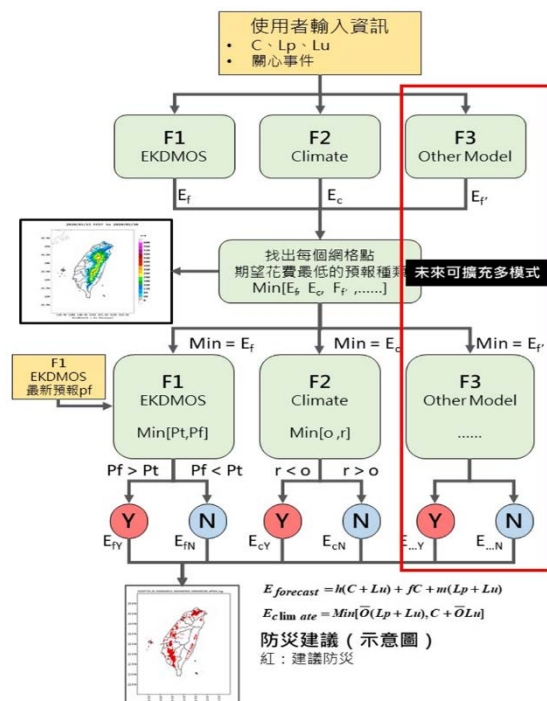
陳冠儒、張惠玲、吳佳蓉、汪琮、洪景山、楊舒芝，2018：“臺灣地區WRF颱風系集降雨機率預報之評估、校正與經濟價值分析-第三部分：經濟價值分析”。大氣科學，46，198-220。

陳奕翰、馮智勇、張惠玲，2020：“建置臺灣高解析格點日均溫與日高低溫預報產品”，109年天氣分析與預報研討會。

六、 附圖、表



圖一、系集預報分布有時會面臨離散度不足問題，因此本平台建置採用系集機率預報來涵蓋大多數不確定性。



圖二、機率預報經濟價值決策流程

EVPFDSSystem 172.16.9.133:4201

EVPFDS-機率預報決策支援 登入 特定農作區 作物專區總覽 Guest

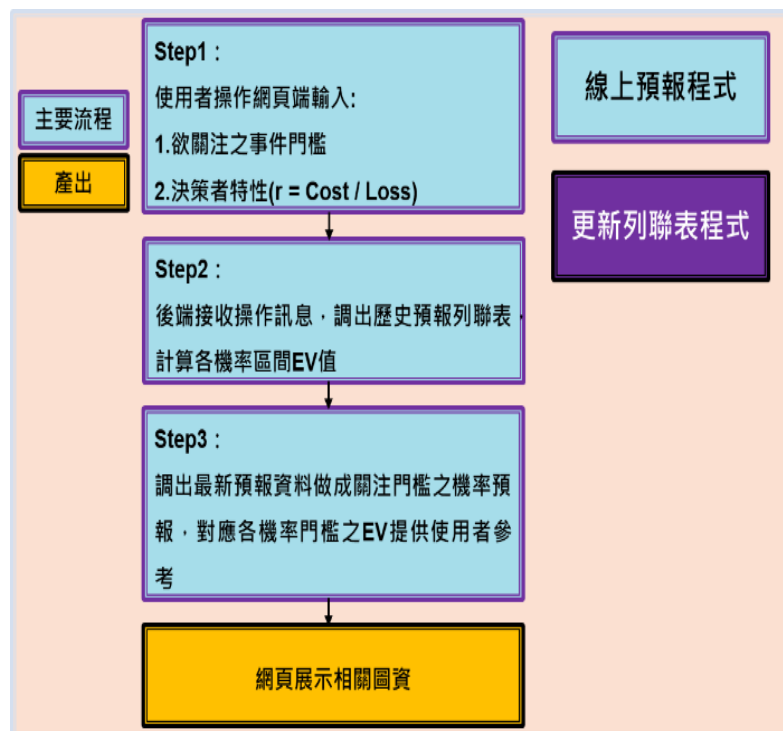
關注農產* AP001 - 宜蘭青蔥 - 宜蘭縣三星鄉貴林村4鄰39-2號

預報日期* 2021/3/10 初始時間* 00 行動成本* 100 可避免損失* 500 無法避免損失* 200

查詢預報結果

日期	日次	高溫警戒	低溫警戒
20210311	1	○	○
20210312	2	○	●
20210313	3	○	●
20210314	4	○	●
20210315	5	○	●
20210316	6	○	●
20210317	7	○	●
20210318	8	○	●
20210319	9	○	●

圖三、「特定農作區」頁面展示



圖四、網頁操作及資料輸出流程圖

EVPFDS-機率預報決策支援

特定農作區 作物專區總覽 登出 中央氣象局

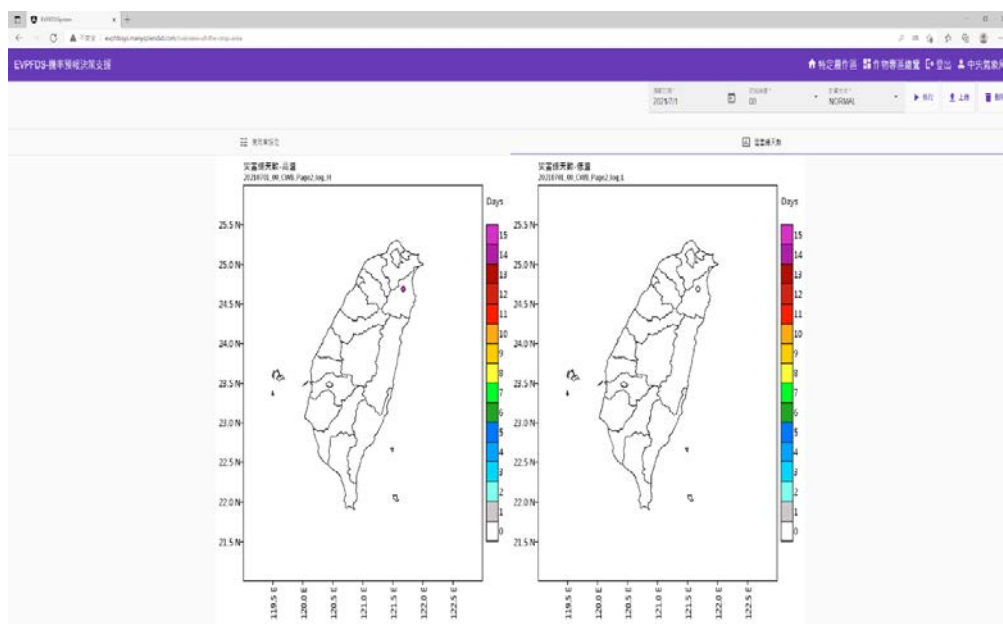
預報日期* 2021/7/1 初始時間* 00 計算方式* CACHE 執行 上傳 刪除

使用者設定 溫害總天數

代碼	緯度	經度	項目	地址
AP001	24.69164	121.67427	宜蘭青蔥	宜蘭縣三星鄉貴林村4鄰39-2號
AP056	23.18917	120.25322	台南文旦柚	台南縣麻豆鎮大埤里文昌路53號

門檻	溫害類別	燈號	行動成本	可避免損失	不可避免損失
35	高溫	紅燈	100	500	100
15	低溫	紅燈	100	500	100

圖五、「作物專區導覽」暨使用者設定資訊



圖六、「作物專區導覽」溫害總天數圖資

Item	地址	lat	lon	H	thr	Logical	H	R	H_thr	Logical	H	Y	L_thr	Logical	L	R	L_thr	Logical	L	Y
宜蘭青蔥	宜蘭縣三疊鄉興林村4鄰39-2號	24.69164	121.6743	30	gt	H	R	25	ge	H	Y	10	lt	L	R	15	lt	L	Y	
新竹檫柑	新竹縣峨眉鄉富興村17鄰水南寮30號	24.70401	120.9807	36	gt	H	R	22	gt	H	Y	4	lt	L	R	12	lt	L	Y	
苗栗梨	苗栗縣三灣鄉內湖村2鄰慶興頂	24.66855	120.9571	35	gt	H	R	30	gt	H	Y	15	lt	L	R	25	lt	L	Y	
苗栗梨	苗栗縣卓蘭鎮豐田里	24.2986	120.9027	35	gt	H	R	30	gt	H	Y	15	lt	L	R	25	lt	L	Y	
台中梨	台中縣東勢鎮東坑路68號	24.24469	120.8382	25	gt	H	R	30	gt	H	Y	15	lt	L	R	25	lt	L	Y	
宜蘭梨	宜蘭縣三星鄉上塔路六段267號	24.67673	121.6859	25	gt	H	R	30	gt	H	Y	15	lt	L	R	25	lt	L	Y	
苗栗草莓	苗栗縣大湖鄉南湖村32號	24.40665	120.8579	25	gt	H	R			H	Y	4	lt	L	R			L	Y	
台中水梨	臺中市南區第五福里五福路488巷25號	24.07636	120.6548	40	gt	H	R	32	gt	H	Y	8	lt	L	R	12	lt	L	Y	
雲林水梨	雲林縣西港鎮廣興里8鄰32-1號	23.76774	120.4611	40	gt	H	R	32	gt	H	Y	8	lt	L	R	12	lt	L	Y	
台南水梨	臺南市維新區仕安里8鄰6-11號	23.25571	120.3176	40	gt	H	R	32	gt	H	Y	8	lt	L	R	12	lt	L	Y	
台東水梨	臺東縣池上鄉新興村4鄰60-1號	23.11984	121.2147	40	gt	H	R	32	gt	H	Y	8	lt	L	R	12	lt	L	Y	
台東水梨	台東縣台東市永樂里大原路二段300號	22.74873	121.1189	40	gt	H	R	32	gt	H	Y	8	lt	L	R	12	lt	L	Y	
台中小麥	臺中市大雅區員林里大林路292巷10號	24.24404	120.6538	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	
台中枇杷	臺中市太平區美隆里新坪12-1號	24.11789	120.7367	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	
新社文心薯	臺中市新社區永源里水井街53號	24.21584	120.7775	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	
台中荔枝	臺中市太平區光興路2140巷200之1號	24.12551	120.7391	35	ge	H	R			H	Y	15	le	L	R			L	Y	
高雄荔枝	高雄縣大樹鄉美田里101-21號	22.74221	120.4483	35	ge	H	R			H	Y	15	le	L	R			L	Y	
台中甜柿	台中縣和平鄉梨山村樹恩路19-1號	24.26283	121.2403	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	
台中百合	臺中市后區區中和里公安路149-15號	24.30658	120.7066	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	
彰化葡萄	彰化縣大村鄉彰路二段87巷12號	24.00347	120.5431	35	gt	H	R			H	Y	10	lt	L	R			L	Y	
南投葡萄	南投縣信義鄉豐丘高平里3-1號	23.67057	120.8751	35	gt	H	R			H	Y	10	lt	L	R			L	Y	
彰化荷花	彰化縣田尾鄉隆豐村光華里51弄11號	23.91488	120.5058	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	
彰化紅龍果	彰化縣二林鎮原斗里中正巷52號	23.91575	120.4296	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	
南投茶	南投縣鹿谷鄉竹林村田頭巷35-66號	23.72019	120.7604	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	
南投茶	南投縣名間鄉豐柏路103	23.83315	120.6317	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	
嘉義茶	嘉義縣竹崎鄉中和村石神21號	23.47436	120.6971	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	
南投香蕉	南投縣中寮鄉和興村大溝巷8號	23.90528	120.8154	35	ge	H	R			H	Y	10	le	L	R	15	le	L	Y	
高雄香蕉	高雄縣旗山區仁山巷6號	22.8647	120.47	35	ge	H	R			H	Y	10	le	L	R	15	le	L	Y	
南投百香果	南投縣埔里鎮合成里西安路二段259號	24.03749	120.9252	35	ge	H	R			H	Y	15	le	L	R			L	Y	
南投玫瑰	南投縣埔里鎮南村崇德路31號	23.96323	120.9462	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	
南投亞白菊	南投縣埔里鎮愛蘭里山脚63號	23.97507	120.9419	35	gt	H	R	30	gt	H	Y	10	lt	L	R	15	lt	L	Y	
雲林甘藷	雲林縣水林鄉大溝村6鄰大溝路99之9號	23.56559	120.2105	35	gt	H	R			H	Y	7	lt	L	R			L	Y	
台南甘藷	台南市新化區中正路65-1號	23.02565	120.3083	35	gt	H	R			H	Y	7	lt	L	R			L	Y	
雲林檸檬	雲林縣古坑鄉楓樹村棋山73-3號	23.6861	120.6039	35	gt	H	R			H	Y	4	lt	L	R			L	Y	
雲林玉米	雲林縣虎尾鎮地聖光復路1之2號	23.70509	120.4545	37	gt	H	R			H	Y	10	le	L	R			L	Y	
雲林葫蘆	雲林縣東勢鄉東勢西路392巷77號	23.68435	120.2512	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	
嘉義番薯	嘉義縣梅山鄉大南村10鄰坑口1-6號	23.55247	120.5524	36	gt	H	R	22	gt	H	Y	4	lt	L	R			L	Y	
台中檳榔	臺中市東勢區興隆里東里路182-3號	24.26342	120.8264	36	gt	H	R	22	gt	H	Y	4	lt	L	R			L	Y	
台南鳳梨	臺南市關廟區光復街57號	22.95325	120.3317	35	gt	H	R			H	Y	10	lt	L	R			L	Y	
南投鳳梨	南投縣名間鄉大庄村仁德巷9號	23.87353	120.6573	35	gt	H	R			H	Y	10	lt	L	R			L	Y	
台南洋香瓜	臺南市東山區中里14鄰9-16號	23.31707	120.3983	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	
臺南芒果	台南縣玉井鄉望明村53-6號	23.10633	120.4528	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	
屏東芒果	屏東縣枋山鄉加樟村嘉和路6號	22.32551	120.6262	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	
高雄毛豆	高雄縣旗山區	22.84401	120.5063	37	gt	H	R			H	Y	12	le	L	R	15	le	L	Y	
屏東毛豆	屏東縣荖頂鄉力社村鹽館路1-10號	22.54303	120.5123	37	gt	H	R			H	Y	12	le	L	R	15	le	L	Y	
高雄番石榴	高雄縣燕巢區安里中安路123號	22.78688	120.3547	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	
高雄鳳梨	高雄縣燕巢區西港村中竹路18-6號	22.80565	120.3392	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	
高雄番荔枝	高雄縣美濃區中正路三段100號	22.86312	120.5346	35	gt	H	R			H	Y	10	lt	L	R	15	lt	L	Y	
高雄火鶴花	高雄市内門區觀平里南屏路148號	22.92124	120.4554	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	
屏東番木瓜	屏東縣長治鄉棠蔭村昌隆一街14號	22.70331	120.5766	35	gt	H	R			H	Y	10	lt	L	R			L	Y	
屏東紅豆	屏東縣萬丹鄉水寮村萬新路1346號	22.57863	120.489	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	
屏東蓮霧	屏東縣林邊鄉竹林村勝利路70-1號	22.48976	120.5127	35	gt	H	R			H	Y	10	lt	L	R			L	Y	
台東番荔枝	臺東縣卑南鄉美農村23鄰近埔109號	22.84072	121.0885	34	ge	H	R			H	Y	12	le	L	R			L	Y	
花蓮西瓜	花蓮縣鳳林鎮大策三路17號	23.74333	121.457	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	
花蓮文旦柚	花蓮縣瑞穗鄉中正北路26號	23.52556	121.3783	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	
台南文旦柚	台南縣南豆鎮大埤里文北路53號	23.18917	120.2532	35	gt	H	R			H	Y	15	lt	L	R			L	Y	

表一、56 農作專區溫度災害門檻圖

		是否採取防災	
		YES	NO
是否預報災害	YES	Hit(h) 損失減少 $C+Lu$	Miss(m) 損失 $Lp+Lu$
	NO	False Alarm(f) 防災成本 C	Correct Rejection(c) 無花費

表二、防災決策與各項成本損失關係表