

農業氣象災害對台灣芒果產量之影響與調適策略

簡榮成¹

台灣大學農業經濟研究所¹

張靜貞²

中央研究院經濟研究所²

摘要

芒果在我國果品產值中排名第四位，年產量約16萬多公噸，年產值約新台幣70~80億元，對農民收入的貢獻度極高；從外銷總金額排序來看，生鮮芒果的出口值於果品中名列第三名，亦極具國際競爭力。但近年來受到颱風、暖冬、冬雨等氣候異常之影響，直接影響到芒果結果率以及收成量，本研究利用追蹤資料模型（Panel Data Model）建立芒果的損失函數，可評估災害的定量影響，並提高我國芒果災損量預報水準，作為芒果定量管理的依據，並探討影響芒果產量的主要氣象因子。由於氣象災害發生的時點、頻率及強度分布具有高度的不確定性，因此政府在輔導農民因應氣象災害時，可先透過風險地圖的繪製與數據化的科學評估等，掌握作物風險的分布狀況與了解可能的衝擊來源，再提出適當的氣候調適策略來因應。

關鍵字：氣候變遷、芒果、追蹤資料、損失函數、調適策略

Mango ranks the fourth in Taiwan's fruit output value, with an annual output of about 160,000 metric tons and an annual output value of approximately 7 to 8 billion NTD. It has a very high contribution to farmers' income. From the perspective of the total export value, the amount of fresh mango export value ranks the third among the fruits, and it is also highly competitive internationally. However, in recent years, typhoons, warm winters, winter rains, and other climate abnormalities have directly affected the fruiting rate and yield of mangoes. This study uses the Panel Data Model to establish the loss function of mango to assess the quantitative impact of disasters, to improve the forecasting accuracy on mango disaster loss in our country, as the basis for quantitative management of mango, and also to discuss the main meteorological factors affecting mango production. The time, frequency, and intensity distribution of the meteorological disasters are highly uncertain. While guiding farmers to deal with meteorological disasters, the government can first grasp the crop risk distribution and understand the possible impact sources through the risk map drawing and scientific data evaluation, and then propose appropriate climate adjustment strategies to respond.

Keywords: Climate Change, Mango, Panel Data, Loss Function, Agricultural Insurance

一、前言

氣候變遷造成生態環境的改變已經擴大成為全球性的問題，除了造成農作物生產損失，更進而影響人們的生活，並干擾一國經濟之發展，其中又以溫室效應導致全球暖化的影響最為巨大。根據聯合國政府間氣候變化專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）第四次與第五次的評估報告（IPCC 2007；IPCC 2013），全球暖化是造成極端氣候的主因，最值得大家重視的是極端天氣事件發生的可能性升高，且已嚴重威脅地球上的生命。

臺灣常見的農業氣象災害（Agrometeorological Disasters）包括豪雨、颱風、乾旱及寒害等，除了影響農作物供銷穩定之外，亦對農地環境造成巨大的損害。依據行政院農業委員會農業年報的統計，臺灣地區於民國98至民國107年間，因農業氣象災害所導致的損失，佔每年全部農業災害損失的九成以上；農業災害損失估計每年約為90億元，導致農民很大的損失，其中以每年農業天然災害現金救助約為30億元，造成國家沉重支出及損失，因此建立降低或避免天然災害之風險評估確有其必要性。另一方面，農業氣象災害雖然造成損失，但政府若將調適政策與方法納入施政規畫時可帶動相關行業之發展，破壞與建設，可

調農業氣象災害的兩面性，這也是本研究所致力之另一重點，選擇探討氣候災害調適策略之原因。

臺灣稱為水果王國，春、夏、秋、冬四季都生產水果，若去除危害身體與環境的檳榔，我國產值最高前三名的果品依序為鳳梨、香蕉、芒果。臺灣芒果栽培技術優良，品種多樣化，歷年外銷市場穩定成長，加工再利用的價值不亞於鳳梨。依據行政院農業委會107年農業年報的統計，國內芒果平均年產值約70億元，目前總栽培面積16,109公頃，總產量146,672公噸，是臺灣所有果樹種類中栽培面積最大者，占果樹總栽培面積約9%，產地主要集中於臺南市（7,161公頃）、高雄市（1,923公頃）及屏東縣（5,797公頃）等3個縣市。其中愛文芒果色澤鮮豔、香氣芬芳及口感極佳，從108年農產貿易進出口量值統計數據發現，芒果生鮮冷藏出口值於果品項目中名列第三名，出口值為22,123.92千美金，其出口量為8108公噸，極具國際競爭力，由此可以看出芒果於果品市場的重要地位。

張耀聰（2016）指出，近年來異常氣候不斷發生，乾旱、高溫、冬季濕雨及強烈寒流，對於一年生的果樹生長造成嚴重影響。因此本研究之內容主要為評估臺灣芒果生長的氣象災害對產量的影響，並根據臺灣歷年氣象災害發生強度，估算出芒果災損之損失函數，進一步瞭解災害影響程度及關聯性，並將估算出的芒果損失函數及計量分析中顯著的關鍵氣象因子，應用於相關調適措施。

二、資料來源與蒐集

為探討農業氣象災害造成芒果產量損失之關聯性，我國芒果種植主要產區為臺南、屏東及高雄等縣市（莊老達，2013），三縣市芒果的產量占全臺總產量的九成，因此，本研究資料蒐集縣市是臺南、屏東及高雄三縣市為主，故行政院農業委會編印之農業統計年報，彙整民國78年至民國107年芒果災情統計數據，共計30年。在農業氣象災害之氣象資料，本研究由交通部中央氣象局編印之氣候資料年報，彙整民國78年至民國107年臺南、屏東及高雄三縣市發生災害之各月份氣象統計數據，這些數據主要來自中央氣象局在這三個縣市所設立的綜觀氣象站，包括臺南站、高雄站、及恆春站。

表一顯示按照各類災害別之芒果災情統計，其中以颱風造成之災損次數頻率最高，共計51次，損失數量約為58,013公噸（43.77%），損失金額約為新台幣18.5億元（40.39%）。其次為豪雨所造成的災損，次數為21次，損失數量約為21,239公噸（16.03%），損失金額約為新台幣7.7億元（16.75%）。低溫所造成的芒果災損次數僅為12次，但損失金額（19.4億元）高於颱風所造成的損失價值（18.5億元），此結果可顯示低溫寒害造成的損失極大，應提高重視及防範的災害類型，最後則是由零星少量的風害所造成之損失。

其次進一步觀察各月份別芒果災損比例的變化，也可從芒果主要生長周期中，明顯看出12月至隔年7月之災損比例約佔整年損失的80%，而8月至11月災損比例僅約佔整年損失的20%，從芒果植物生長性狀可知，台灣絕大部分芒果的主要採收期於7月底結束，少部分品種為秋、冬季採收品種，故8月至11月的災害損失，是產期調整、品種改良而導致產程延長所造成，因此，更明確顯示芒果氣象災害主要發生於每年12月至隔年7月。

表一 民國 78 至 107 年臺灣芒果各類災害別損失統計表

災害別	次數	損失數量 (公噸)	各災害別損失	
			失數量佔總 損失數量比 例(%)	損失價值 (千元) 金額佔總損失 金額比例(%)
颱風	51	58,013	43.77	1,851,467 40.39
豪雨	21	21,239	16.03	767,857 16.75
低溫	12	51,960	39.21	1,935,318 42.22
風害	5	1,309	0.99	29,289 0.64
總計	89	132,520	100	4,583,931 100

資料來源：本研究整理行政院農業委員會統計年報（1989~2018）

註：1.低溫在此涵括農業統計年報所刊載之低溫、霜害、冰雹、寒流等災害別。
2.風害在此涵括農業統計年報所刊載之瞬間風、強風、龍捲風等災害別。

三、理論模型及變數選取

本研究使用迴歸方式屬於追蹤資料模型（Panel Data

Model），追蹤資料是由所有橫斷面的時序資料所組成的，提供了多種不同估計方法，且提供的資訊自由度高，參數的估計更有效率，並可降低變數間的共線性問題，具豐富性及測量效果較佳，且追蹤資料較能建構與檢定複雜度高之模型。追蹤資料的分析模型可分為混合迴歸模型（Pooled Regression Model）、固定效果模型（Fixed Effect Model，簡稱 FEM）及隨機效果模型（Random Effect Model，簡稱 REM）三種，模型之設定如下：

$$y_{it} = \alpha_i + \sum_{k=1}^k \beta_k x_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式(1)中下標 $i = 1, 2, \dots, n$ ，第 i 個觀察體；

$t = 1, 2, \dots, T$ ，第 t 期的觀察時間； $k = 1, 2, \dots, K$ ，第 k 期的解釋變數。式(1)左邊的 y_{it} 代表在 t 期樣本 i 的被解釋變數，右邊 x_{kit} 為在 t 期樣本 i 的第 k 個解釋變數； α_i 為截距項； β_k 為第 k 個解釋變數之估計係數； ε_{it} 為誤差項，且 $E(\varepsilon_{it}) = 0$ ， $E(\varepsilon_{it}^2) = \sigma^2$ 。

(一)混合迴歸模型（Pooled Regression Model）

在最小平方方法 OLS 假設迴歸式中，橫斷面資料具有相同的截距項，將所有資料合併，以 OLS 方法估計出最具代表性的迴歸式，公式(1)中之 $\alpha_i = \alpha_i$ 表示各觀察值的個別效果無顯著差異。若以縱橫資料進行分析時，假設參數固定不變，易產生異質性偏誤（Heteroskedasticity Bias）的問題。克服方法為對基本模型另進行假設，並利用固定效果模型

（FEM）及隨機效果模型（REM）來修正此問題，由多樣的截距項估計橫斷面資料之差異。混合迴歸模型設定如下：

$$y_{it} = \alpha + \beta x_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$i = 1, 2, \dots, n$ ，第 i 個觀察體。

$t = 1, 2, \dots, T$ ，第 t 期的觀察時間。

y_{it} ：在 t 期， i 的被解釋變數。

x_{it} ：在 t 期， i 的解釋變數。

α ：截距項。

β ：解釋變數之係數。

ε_{it} ：誤差項，且 $E(\varepsilon_{it}) = 0$ ， $E(\varepsilon_{it}^2) = \sigma^2$ 。

(二)固定效果模型（Fixed Effect Model，簡稱 FEM）

假設樣本有差異性存在，不同的觀察單位會有不同的個別效果，藉由變數不同增加模型共變異數（Covariance），提高估算成果效率，亦可設定虛擬變數，衡量未被觀測到的變數跟模型的關聯性，將 α_i 設定為特定常數，且不隨時間變動而改變，其模型設定如下：

$$y_{it} = \beta_i + \sum_{k=1}^k \beta_k x_{kit} + \varepsilon_{it} \\ = \beta_i + \alpha_i + \sum_{k=1}^k \beta_k x_{kit} + v_{it} \quad (3)$$

$i = 1, 2, \dots, n$ ，第 i 個觀察體。

$t = 1, 2, \dots, T$ ，第 t 期的觀察時間。

$k = 1, 2, \dots, K$ ，第 k 期的解釋變數。

y_{it} ：在 t 期， i 的被解釋變數。

x_{kit} ：在 t 期， i 的第 k 個解釋變數。

α_i ：不同的觀察單位會有不同特定常數，為個別效果。

β_k ：第 k 個解釋變數之係數。

(三)隨機效果模型 (Random Effect Model, 簡稱 REM)

假設相似度高之樣本，透過選取樣本時，著重在整體母體的關係，並非個別間差異，故採用隨機變數型態的截距項來表示橫斷面間不同的架構，觀測單位與期間之影響是以隨機變數加以衡量，其 $\varepsilon_{it} = \alpha_i + v_{it}$ ，其模型設定如下：

$$\begin{aligned} y_{it} &= \beta_i + \sum_k \beta_k x_{kit} + \varepsilon_{it} \\ &= \beta_i + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{kit} + \alpha_i + v_{it} \\ &= \beta_i + \alpha_i + \sum_k \beta_k x_{kit} + v_{it} \end{aligned} \quad (4)$$

$i = 1, 2, \dots, n$ ，第 i 個觀察體。

$t = 1, 2, \dots, T$ ，第 t 期的觀察時間。

$k = 1, 2, \dots, K$ ，第 k 期的解釋變數。

y_{it} ：在 t 期， i 的被解釋變數。

x_{kit} ：在 t 期， i 的第 k 個解釋變數。

α_i ：隨機效果。 $E(\alpha_i, x_{it}) = 0$

ε_{it} ：誤差項，且 $\varepsilon_{it} = \alpha_i + v_{it}$ 。

決定樣本資料適用的實證模型，需要對投入資料之截距項型態作檢定，藉由F檢定、拉氏乘數檢定 (Lagrange Multiplier, LM) 與Hausman檢定，找出最佳模型進行分析研究。

本研究利用中央氣象局之臺南市、高雄市及恆春氣象站資料，分析氣象因子與芒果產量之間的關聯性。當中氣象因子資料選取關鍵的開花期到採收期月份，亦即每年的 12 月始至 7 月迄，芒果生育階段期則是參考行政院農業委員會提供的芒果防災栽培曆。

本研究透過隨機效果估算芒果的損失函數，解釋變數為影響農作物損失的氣候因子，包括溫度、雨量、風速、氣壓、有造成損失之颱風月次數及災害發生縣市等 6 項，被解釋變數設為芒果災害損失之產量。實證模型如下式：

$$\begin{aligned} LOSS &= F(AIRTEMPERATURE, PRESSURE, \\ &WINDSPEED, RAINFALL, NUMBEROFTYPHOONS, \\ &TAINAN, KAOHSIUNG) \end{aligned} \quad (5)$$

式(5)左邊被解釋變數為 $LOSS$ ，代表芒果年損失產量 (公噸)，右邊的解釋變數包括：

$AIRTEMPERATURE$ ：月平均之溫度值 (度)。

$PRESSURE$ ：月平均之氣壓值 (百帕)。

$WINDSPEED$ ：月平均之風速 (公尺/秒)。

$RAINFALL$ ：月累積雨量值 (毫米)。

$NUMBER OF TYPHOONS$ ：有造成損失之颱風次數月統計。由於右邊的解釋變數都是氣象因子的月別資料，故可將損失函數改寫為：

$$\begin{aligned} LOSS_i &= \beta_0 + \beta_{1j} [AIRTEMPERATURE_i (M_j)] \\ &+ \beta_{2j} [PRESSURE_i (M_j)] + \beta_{3j} [WINDSPEED_i (M_j)] \\ &+ \beta_{4j} [RAINFALL_i (M_j)] \\ &+ \beta_{5j} [NUMBEROFTYPHOONS_i (M_j)] + \beta_{6j} [TAINAN] \\ &+ \beta_{7j} [KAOHSIUNG] + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (6)$$

式(6)中下標 i 為 90 筆芒果損失之觀察值； M_j 為 1 月至 7 月及 12 月之觀察值； β 為待估計參數； ε_i 為隨機誤差項。本研究相關變數的資料來源與處理分別說明如下：

(一)被解釋變數

本研究的應變數為芒果因氣象災害所造成的損失產量，採用行政院農業委會編印之農業統計年報，彙整民國 78 年至民國 107 年農作物被害狀況之芒果災損統計數據，芒果為一年一產的果品，故將一年中各項氣象災損數據累加統計為解釋變數，年損失產量可較客觀比對與自變數的關聯性。

(二)解釋變數(資料選取關鍵的開花期到採收期月份 12 月始至 7 月迄)

1. 溫度氣象因子

溫度與光線是環境中決定作物生長發育最重要且關鍵的因子，溫度決定代謝速率，影響一般植物生理作用，因此各項作物皆有最適宜的生長溫度，不適當的溫度降低生長及代謝活性 (陳宗禮, 2009)。故本研究採用交通部中央氣象局編印之氣候資料年報，彙整民國 78 年至民國 107 年所發生災害縣市之月平均溫度統計數據。

2. 氣壓氣象因子

氣候異常的變化是因為氣壓的不穩造成的，這會導致局部地區出現惡性的氣候變化，像低溫、暴雨、暴雪等極端的自然災害。故本研究採用交通部中央氣象局編印之氣候資料年報，彙整民國 78 年至民國 107 年發生災害縣市之月平均氣壓統計數據。

3. 雨量氣象因子

水分為作物生態、生理之重要關鍵因素，故瞭解作物與水份之間的關係極為重要，豪雨亦可造成洪水，使作物腐爛，發芽或穩不良豪雨延時愈久，其擊力之總能量愈大，洪流量亦愈多 (楊之遠、張鏡湖, 1989)，故本研究採用交通部中央氣象局編印之氣候資料年報，彙整民國 78 年至民國 107 年所發生災害縣市之月平均雨量統計數據。

4. 風速氣象因子

臺灣南部地區全年氣流均受季風及區域局部環流盛行影響，以至於區域內夏季期間有西南季風盛行，晚秋至翌年初春期間則有風向為北之氣流盛行。且時有熱帶低氣壓或颱風侵襲，或遇強烈大陸冷氣團過境，強風出現會直接造成農作物倒伏、折枝、落葉與落果，濱海區域會出現鹽霧及飛沙直接使農作物受損與生長受阻 (唐琦、徐森雄, 2007)，故本研究採用交通部中央氣象局編印之氣候資料年報，彙整民國 78 年至民國 107 年所發生災害縣市之月平均風速統計數據。

5. 有造成損失之颱風月次數

颱風視為最嚴重的氣象災害。颱風侵襲期間經常造成強風、豪雨、淹水、山崩、坍方、土石流、暴潮、海水倒灌等災害。本研究採用行政院農業委會編印之農業統計年報，彙整民國 78 年至民國 107 年所發生災害縣市之颱風月次數統計數據，並將其中無颱風次數的月份剔除，故只有 5 月、6 月、7 月及 12 月。

6. 虛擬變數

芒果主要產區為臺南市、高雄市、屏東縣，故設三縣市為災害發生的地區。

四、實證結果

在芒果損失產量分析中，經實證檢定後採用隨機效果模型進行農業氣象災害對芒果產量影響之研究，以氣象因子中的氣壓、溫度、風速、雨量和有造成損失之颱風月次數等5個變數，90個觀察個數進行分析，各顯著變數之

彈性計算式是 $\frac{dy}{dx} \times \frac{x}{y} = \varepsilon$ ， $\frac{dy}{dx}$ 為邊際效果， y 及 x 取

平均值，本研究的解釋變數只有溫度有取對數，故溫度以外的變數之彈性算法為係數乘以變數平均值除以被解釋變數平均值，而溫度變數之彈性算法為係數直接除以被解釋變數平均值，損失函數估計結果參閱表二，以下就各項變數分析結果作說明：

(一) 溫度變數

本研究發現於12月份、2月份及4月份的溫度變數對損失產量的影響有顯著效果，在芒果生育階段中皆有其適合生長的溫度區間，就研究結果顯示，溫度為非線性數列，12月份、2月份及4月份的係數分別為-31594.73、20614.46及-39032.11，2月份溫度與損失產量成正相關，溫度上升1%，損失產量增加14.09%，溫度越高損失產量越高。過去研究指出，水稻生長發育上高溫環境會造成稔實率及外觀品質下降，且水稻開花期勝於高溫最為敏感，於期間遭遇高溫，水稻花藥開裂比例下降，造成花粉散佈不良，進而使穀粒不稔實之發生影響產量(莊豐鳴、盧虎生，2013)。相較之下，由於2月份為芒果的開花及著果期，估計高溫所產生的不稔實率為此期間的損失原因。4月份及12月份溫度與損失產量成負相關，溫度越高損失產量越低，12月份為花序分化及開花期，在低溫10~20℃下，會抑制芒果花粉管的生長及授粉媒介昆蟲的活動，而降低授粉率，使芒果結果變少(邱國棟、李文立，2009)，當溫度上升1%，損失產量減少21.59%，故12月份溫度提高是可提高產量的，4月份為果實發育期，果實發育期間氣溫愈高，果實愈早成熟(邱國棟、李文立，2009)，溫度上升1%，損失產量減少26.67%，可解釋為4月的高溫對產量是有幫助，並可提早採收增加效益，因此，芒果在生長周期中，每個月份對溫度的需求是不同的，以至於溫度過高或過低時都會使災害損失增加。

(二) 雨量變數

本研究發現於1月份、2月份及5月份的雨量變數對損失產量有顯著效果，其研究結果的係數分別為84.80、59.46及-9.90，1月份及2月份雨量與損失產量成正相關，雨量越多損失產量越高，1月份及2月份為芒果的開花及著果期，在開花期雨水過多會導致授粉不利，易誘發果實病害(孫佳、陳少健、辛吉武，2009)，1月份的雨量增加1%，損失產量增多1.15%，2月份的雨量增加1%，損失產量增多0.86%，5月份雨量與損失產量成負相關，表示雨量增加損失產量越低，著果至幼果期，適當補充水

分，避免乾旱引發落果，以可增進果實生長發育(李雪如，2014)。其雨量增加1%，損失產量減少1.08%，5月份為果實發育期，雨量可使生長旺盛，但過多的雨量也會造成果實成熟期糖度之降低。由此可知水份為作物生態、生理的重要關鍵因素。

(三) 氣壓變數

本研究發現12月份的氣壓變數對損失產量有顯著效果，其研究結果係數為-866.95，12月份的氣壓與損失產量成負相關，氣壓上升1%，損失產量減少602.11%，於30年的氣壓蒐集資料中，發現氣壓數據的變化相當細微，以至於氣壓上升1%，損失產量有高度的變化。氣壓越高損失產量越低，高氣壓較容易產生較低溫度及低濕度，12月為花序分化及開花期，花芽分化都在冬季進行，需要一段期間的低溫及乾燥，15℃左右可誘導芒果花芽形成(邱國棟、李文立，2009)，研究顯示氣壓牽動著溫度，溫度影響著產量。

(四) 風速變數

本研究發現12月份的風速變數有顯著效果，其研究結果係數為1580.32，12月份的風速與損失產量成正相關，風速增強1%，損失產量增加3.78%，風速越強損失產量越高，12月為花序分化及開花期，強風及落山風都會使花芽花穗受損影響產量。

(五) 有造成損失之颱風月次數變數

此變數雖不具顯著性，主要是因為颱風期多發生在每年7月至9月，在這期間絕大多數的芒果都已採收，故可避開颱風所造成的衝擊。

(六) 虛擬變數

虛擬變數以屏東(PINGTUNG)作為對照組，其臺南市和高雄市都有顯著效果，本研究結果其係數分別為8385.352及11988.2，與損失產量成正相關，此表示臺南市和高雄市損失產量比屏東縣多。

表二 估計損失函數估計結果

變數	變數代號	變數係數	標準差	
二月溫度	Feb AIRTEMPERATURE	20614.46	2.2	*
四月溫度	Apr AIRTEMPERATURE	-39032.11	1.39	**
十二月溫度	Dec AIRTEMPERATURE	-31594.73	1.55	**
一月雨量	Jan RAIN FALL	84.8	28.62	***
二月雨量	Feb RAIN FALL	59.46	23.71	*
五月雨量	May RAIN FALL	-9.9	124.94	**
十二月氣壓	Dec PRESSURE	-866.94	1.73	*
十二月風速	Dec WIND SPEED	1580.32	1.28	*
台南	TAINAN	8385.35	0.47	*
高雄	KAOHSIUNG	11988.2	0.47	**

資料來源：本研究整理

註1：表內皆四捨五入至小數第二位；括號內為參數估計值之標準誤；上標「*」、「**」及「***」分別表示參數估計值在10%、5%及1%顯著水準下異於零。

2：災害發生地區之虛擬變數，以屏東(PINGTUNG)作為對照組。

五、芒果因應氣象災害之調適策略

實證分析結果發現，在芒果的生長周期中，會產生災害的月份集中於開花期的冬季時期（12月至2月），其中造成損失的主要變數為溫度和雨量，芒果種植的每個階段，都有適宜生長的氣象條件，但每項氣候條件都有其門檻值，超過或低於門檻值就會產生損失災害。依據上述研究結果提出以下因應之調適策略：

一、重視氣象預報與強化應用能力的新思維

由本研究結果中瞭解到氣象的多變及無法掌控，以至於喚起農民的防災調適意識是重要課題，首先應納入農業新思維，建立韌性農業（Resilience in Agriculture）的觀念，從各學門定義中的「韌性」，為系統能夠吸收外界干擾的能力外並維持一定的功能；受到外界干擾後能夠藉由學習、再組織而得到新的平衡（潘穆葵、林貝珊、林元祥，2016）；所以能夠抵抗災害並提升恢復的能力就是韌性，氣候變遷的威脅日趨嚴重，應提高農民的承災能力，使人與環境氣候共好、共存。主要推動事項如下：

- （一）強化農民危機意識、災害認知的相關知識，此教育工作可防止災情擴大，並使災後能迅速復原。
- （二）推廣及補助芒果有機及自然農法的栽種方式，減少造成環境破壞的條件，使環境資源改善就可降低氣候變遷的惡化。
- （三）整合土地利用、種苗及栽種管理，以因地制宜的區域防災方式進行栽種相關措施，增加教育及管理上的調適作為，提升農民面對氣象災害之承災能力。
- （四）採用風險管理之概念，建立相關風險因子，並進行風險評估，使農民在種植果品時能選對到適宜的地形環境，增加種植效益減少災害威脅。
- （五）建立氣象防災減災法規，強化氣象防災減災標準及規定，才可達到健全的氣象防災。

二、調節產期及品種多樣性

臺灣芒果採收集中於4月到7月，以至於風險最高的開花期落在12月到隔年2月份，此期間為本研究結果主要產生災害的月份，故建議可將芒果產期調節，避開高風險的12月到隔年2月份，並研發多樣性品種，亦可達到分散產期及抗耐逆境的功用。但需注意，因產期提前或延後也有機會遭受其他氣象災害的風險。

三、推動設施農業之投資

露地栽種的風險必將逐年提升，因此投資設施栽培成為首選之策略，本研究分析出主要會產生損失的變數為溫度和雨量，利用資材或設施保護作物本身，來降低溫度和雨量災害損害。此外，12月份的風速會造成此期間花序分化及開花期的損失災害，行政院農業委員會高雄區農業改良場李雪如副研究員指出，屏東枋山位於屏東縣南部，接近恆春半島，芒果種植地點多近海邊，因此每年遭颶風及落山風的吹襲，容易造成折枝損葉以及病菌感染，但若利用網室栽培，有顯著的防風效果，芒果植體及枝葉受損率低，可穩定產量同時可改善芒果外品質。

四、推動天氣指數型農業保險並與災害現金救助連結

農業是我國最基層的經濟產業，同時亦是遭受氣候威脅最嚴重的產業，為降低農民因氣象災害遭受重大損失，使受到氣象災害的農民得到保障，並能迅速恢復生產，安定農民收入，提高農業經營保障。

分散氣候變遷對作物生長的風險，農民才有機會從看天吃飯的循環中跳脫，農業保險可作為農業風險補償的一種機制，因此，更需積極規畫有關財務風險管理調適方法。本研究結果顯示溫度、雨量及風速為芒果主要氣象災害因子，故建議芒果品項規劃天氣指數型保險，有助於降低目前農業保險中存在的弊端，為了提高農業保險的投保率，可將災害現金救助納入農業保險的範疇，有參加農業保險的農民才可領取或增加災害現金救助，這些特殊性的條件，顯示政府在農業保險中的調控作為是至關重要。天氣指數型保險特點如下：

- （一）氣候數據指標可由中央氣象局取得通用及標準一致之資料分析，只要分析出該種植區的氣候指標，就可作為該種植區之賠償標準，無需實際勘災，省去大量繁瑣的工作，可降低保險公司的行政成本。隨保險公司成本的降低，保費也會隨之下降，將可提高農民購買保險能力。
- （二）天氣指數型保險的賠償標準是為客觀的氣象衡量尺度，具有保險資訊的透明度，也提高農民對保險科學性及真實性之認識，並可避免保險中存在的道德風險（Moral Hazard）和逆選擇（Adverse Selection）。
- （三）對於農民自身原因造成的損失，保險公司是不賠償責任的。氣候保險賠償標準嚴格限定為天氣因素，故可避免由農民自我管理不當或怠惰所造成的產量損失，並可降低超責任索賠的機會。

全球氣候變遷已經成為的全球化與常態化的現象，未來政府在輔導農民因應氣象災害時，可先透過風險評估以及風險地圖的繪製，掌握作物風險的分布狀況與了解可能的衝擊來源，以及提高防禦氣象災害的意識和能力，就能減輕氣象對農業經濟和人民財產所帶來的損失，芒果的栽培需融入氣候變遷的風險分析與脆弱度中，芒果產量定量管理將會是未來芒果策略推動制定與發展時的重點。

六、結論與建議

本研究從觀察民國78年至107年三十年的災害類別資料中發現，發生颶風災害筆數為52筆，低溫寒害發生筆數為12筆，但低溫寒害所造成的損失金額19.4億元略高於颶風災害的損失金額18.5億元，此結果可顯示低溫寒害是造成芒果損失最嚴重的氣象災害，其中12月至隔年2月的溫度和雨量變異，造成延遲性致災，是影響芒果產量變化的最主要氣象因子。

進一步觀察各月份別芒果災損比例的變化，也可從芒果主要生長周期中，明顯看出12月至隔年7月之災損比例約佔整年損失的80%，從芒果植物生長性狀可知，台灣絕大部分芒果的主要採收期於7月底結束，少部分品種為秋、冬

季採收品種，故8月至11月的災害損失，是產期調整、品種改良而導致產程延長所造成，因此，更明確顯示芒果氣象災害主要發生於每年12月至隔年7月。

綜合上述的結果，本研究除了確認芒果氣象災害主要發生於12月至隔年7月外，也用計量方法找出芒果最主要損失的兩個氣象因子，分別是溫度和雨量。這些結果與農業試驗單位邱國棟、李文立、李雪如等人所提的看法相當吻合，此可說明在長期資料蒐集量化分析法上也可達到與實驗觀察去相似結果，然而，以數據來佐證資料已成為趨勢，量化分析不僅效率高，更可進一步尋求變數間變異、關聯及因果關係，可使芒果產量具備建立定量化管理的依據，以及建構可適應氣候風險的生產體系，並可供農業部門及農業保險公司作為參考。因此建議如下：

- 一、 建立風險意識：強化農民危機意識、災害認知的相關知識，增加教育及管理上的調適作為，並採用風險管理之概念，建立相關風險因子，並進行風險評估，將芒果種植具體綜合規劃，全面提升農民面對氣象災害之承災能力。
- 二、 調節產期：調節芒果產期及品種多樣性，使芒果開花期避開高風險的12月份到2月份，推動設施農業，利用資材或設施保護作物本身，來降低溫度和雨量災害損害，使產量更加穩定。
- 三、 品種研發：作物育種目標除了以提高產量為主，亦必須兼顧品質之提升，但由於近年來氣候變遷的影響愈趨明顯而且不可抗逆，因此必須加速投入更為根本的抗耐逆境的芒果育種策略。
- 四、 農業保險：本研究結果顯示溫度和雨量是芒果產量的主要影響因子，故建議芒果品項規劃天氣指數型保險並與災害現金救助連結，在規畫天氣指數型保險時，可將不同的氣候條件（溫度、雨量、風速）對芒果的損害程度指數化，發生災損後，保險公司就可立即透過指數對應的芒果損害量進行理賠作業，免去勘查的人力成本。指數化並有數據客觀及統一理賠的優點，還能有效降低因為資訊不足或資訊不對稱所引起的逆選擇與道德風險，有效分攤災害風險，為了提高農業保險的投保率，可將災害現金救助納入農業保險的範疇，使農作物保險運作更為健全。
- 五、 提升延遲性致災災損通報能力：12月到隔年2月為本研究結果主要產生溫度及降雨災害的月份，從行政院農委會的災損統計資料上顯少出現此期間的災損數據，雖然此期間芒果尚未著果，無法即時看出損失，但延遲性致災損失是需提高重視及防範，首先應建立認定的申請標準及放寬延遲性災損作物的申報時程。

參考文獻

- 交通部中央氣象局,1989~2018：“氣候資料年報”，臺北，交通部中央氣象局
- 行政院農業委員會,1989~2018：“農業統計年報”，臺北，行政院農業委員會
- 李雪如,2014：“芒果高雄4號-蜜雪特性及栽培管理技術”，高雄區農技報導,第116期,3-15
- 邱國棟、李文立,2009：“溫度對芒果栽培生產的重要性”，園藝之友,133期,18-20
- 唐琦、徐森雄,2007：“臺灣南部地區農業氣象環境與災害發生潛勢”，作物、環境與生物資訊,4卷,1期,11-22
- 孫佳、陳少健、辛吉武,2009：“氣候變化對昌江芒果生產的影響分析”，安徽農業科學,37卷,11期,4962-4963
- 張耀聰,2016：“愛文芒果採收後的施肥及水分管理”，高雄區農業專訊,96期,10-12
- 莊老達,2013：“臺灣芒果產業現況及輔導措施”，發表於提昇臺灣芒果產業價值鏈研討會專刊
- 莊豐鳴、盧虎生,2013：“高溫對水稻產量及品質之影響：從生理層次到田間環境之探討”，作物、環境與生物資訊,10卷,1期,75-83
- 陳宗禮,2009：“作物之生長調控”，發表於花卉健康管理研討會
- 楊之遠、張鏡湖,1989：“臺灣地區農業氣象災害之探討”，中央氣象局委託計畫
- 潘穆嫻、林貝珊、林元祥,2016：“韌性研究之回顧與展望”，防災科學,第1期,53-78
- IPCC, 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.). IPCC, Geneva, Switzerland.
- IPCC, 2013. Summary for Policymakers. In Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.