

國立臺灣大學生物資源暨農學院農業經濟學系



碩士論文

Department of Agricultural Economics

College of Bio-resources and Agriculture

National Taiwan University

Master Thesis

農業氣象災害對芒果產量之影響與調適策略

Impact Assessment of Agrometeorological Disasters on

Mango Production and Implications for Adaptation

Strategies in Taiwan

簡榮成

Jung-Chen Chien

指導教授：張靜貞 博士

Advisor : Ching-Cheng Chang, Ph.D.

中華民國 109 年 7 月

July, 2020

國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書



農業氣象災害對芒果產量之影響與調適策略

Impact Assessment of Agrometeorological Disasters on
Mango Production and Implications for Adaptation
Strategies in Taiwan

本論文係簡榮成君(學號 P07627007)在國立臺灣大學農業經系學系完成之碩士學位論文，於民國 109 年 6 月 5 日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

口試委員：張靜貞 (簽名)

(指導教授)

徐世勳

林國榮

陳柏瑛

誌謝

夢想不去行動永遠都是夢...感謝主領我走這條恩典的道路

不和他人比較，只儘可能的不斷超越自己。在求學日子中，就像參與一齣電影，台前台後都必須有優秀及支持的團隊才能完成這作品，最佳導演張靜貞老師，以最熱情、最專業的智慧與經驗協助我完成芒果作品，台後最佳製片團隊是我的家人，總是做最溫暖、最強力的後盾，還有一群陪伴與鼓勵的觀眾朋友，沒有你們就無法有現在的我，謹將此研究成果獻給所有支持與鼓勵我的你們。

簡榮成 謹誌於

臺灣大學農業經濟研究所

中華民國一〇九年七月

摘要



氣候變遷對人類社會的影響日漸顯著，其中以農業直接關係著人類的生存，而如何保持農業產量的穩定性與持續性是農業發展的核心目標。本研究主要為評估農業氣象災害對芒果產量的影響，芒果為我國果品產值第四名，平均年產值約 70 億元，目前總裁培面積 16,109 公頃，總產量 146,672 公噸，極具國際競爭力。因此，蒐集臺南、高雄及屏東三縣市自民國 78 年起至民國 107 年止共 30 年 90 筆的資料，建立芒果的損失函數，探討影響芒果產量的主要氣象因子。並可針對農業氣象災害發生前進行損失預測，了解可能的衝擊強弱及來源，從計量分析發現「2 月溫度」、「4 月溫度」、「12 月溫度」、「1 月雨量」、「2 月雨量」、「5 月雨量」、「12 月氣壓」及「12 月風速」等 8 項氣象變數，對芒果的損失產量有顯著影響，使芒果產量具備建立定量管理的依據。

研究結果也顯示，芒果開花期為生育周期中之高風險期，在此期間對溫度及雨量極為敏感，並造成延遲性致災，故必須從建立承災能力、災前防範及災後保險，建構完整芒果氣候災害調適能力。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，影響作物產量的風險因子也很多，因此，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，再提出具有永續思維的調適策略來因應，例如調節產期、品種多樣性、推動設施農業、加強灌溉排水設施、推動天氣指數型農業保險、提升延遲性致災通報能力等。

關鍵字：氣候變遷、追蹤資料、損失函數、彈性、農業保險

ABSTRACT

The impact of climate change on human society has become increasingly significant. Among them, agriculture is directly related to human survival, and how to maintain the stability and sustainability of agricultural productivity is the primary goal of agricultural development. This study is mainly to assess the impact of agricultural meteorological disasters on mango production. Mango is the fourth largest fruit product in Taiwan, with an average annual output value of 7 billion NTD. At present, the total cultivation area is 16,109 hectares, and the total production is 146,672 metric tons, which is highly competitive internationally. In this study, a total of 90 observations from 1989 to 2018 were used to estimate the mango loss function. The loss function can be used to predict the losses before the occurrence of agro-meteorological disasters and to understand the extent and sources of the possible impact. The results indicated that "February temperature", "April temperature", "December temperature", "January rainfall", "February rainfall", "May rainfall", "December air pressure", and "December wind speed" are 8 meteorological variables having significant impact on the losses and can be used as the basis for quantitative management of mango production.

We also find that the flowering stage is a high-risk period in mango's growth cycle. During this stage, it's extremely sensitive to temperature and rainfall anomaly and the impact may be postponed to a later stage losses. Therefore, it is necessary to strengthen the capacity of mango farmers in using weather forecasting information to improve their resilience and adaptation to climate-related disasters. The risk management strategies include: gaining access to adaptation information and new technologies, adjusting production period, diversifying mango varieties, adopting facility agriculture and greenhouses, promoting weather index agricultural insurance, and improving the capacity to monitor and notify the delayed disasters.

Keywords: Climate Change, Panel Data, Loss Function, Elasticity, Agricultural

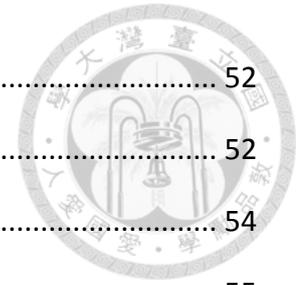
Insurance

目錄



口試委員會審定書	i
誌謝	ii
摘要	iii
ABSTRACT	iv
目錄	v
圖目錄	vii
表目錄	viii
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起	1
第二節 研究目的與方法	3
第三節 研究架構與流程	4
第二章 文獻回顧	6
第一節 農業氣象災害型態	6
第二節 芒果生長習性及產程風險	10
第三節 芒果產業產銷現況	13
第四節 損失函數概論	18
第三章 損失函數模型設定和實證結果分析	21
第一節 資料來源與蒐集	21
第二節 理論模型及變數選取	24
第三節 實證結果分析	35
第四章 氣候災害調適策略	43
第一節 我國氣候變遷調適政策現況與實施重點	43
第二節 芒果因應氣象災害之調適策略	47

第五章 結論與建議	52
第一節 結論	52
第二節 建議	54
第三節 研究限制	55
參考文獻	57



圖目錄



圖 1-1 研究流程圖.....	5
圖 2-1 芒果生育週期圖.....	11
圖 2-2 民國 107 年各項果品產值.....	14
圖 4-1 臺灣氣候變遷調適相關法規圖.....	44
圖 4-2 農業生產領域各系統之脆弱度與影響評估關聯圖.....	46

表目錄

表 2-1 颱風強度分級表.....	7
表 2-2 雨量分級定義表.....	8
表 2-3 愛文芒果生育階段及日數.....	12
表 2-4 近 10 年臺灣芒果產銷概況.....	14
表 2-5 近 10 年臺南、高雄及屏東芒果種植面積統計.....	15
表 2-6 近 10 年臺南、高雄及屏東芒果產量統計.....	16
表 2-7 近 10 年臺灣芒果出口產值.....	17
表 2-8 臺灣芒果及其製品出口市場(108 年依出口額排序前十名).....	18
表 3-1 民國 78 至民國 107 年臺灣芒果損失統計表.....	22
表 3-2 民國 78 至民國 107 年臺灣芒果各類災害別損失統計表.....	23
表 3-3 估計損失函數之變數表(1/2).....	33
表 3-4 解釋變數之敘述性統計表(1/2).....	36
表 3-5 彈性估計結果.....	40
表 3-6 損失函數估計結果(1/2).....	41
表 4-1 損失函數估計之顯著變數說明.....	47

第一章 緒論



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¹ (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，近年來全球各地颶風旱澇災等害頻傳與此有極為密切的關係，且洪水氾濫和極端天氣已嚴重威脅地球上的生命。

第一節 研究緣起

若從歷史觀之，我國在漢朝時就已劃訂出 24 節氣和 72 候，此種「氣象曆算」足以說明農業生產與氣候循環之間密不可分的關係；希臘的奚帕喜斯 (Hipparkhos) 則在西元前 140 年，依據春分、秋分和夏至、冬至的日照原理，循此概念將世界劃分為不同的氣候帶，成為探討氣候及農業範疇的先導 (陳立欣，2006)。時間拉回今日，臺灣由於特殊的地形條件及地理位置，造成氣象災害發生頻繁及氣象變化複雜，造成民眾生命財產之重大威脅，亦給產業帶來嚴重損失。綜觀各項科學統計數據及近百年來的災害氣候強度、頻率與分布，明顯呈現全球氣候有快速變遷的趨勢，這使得臺灣和世界各地極端天氣事件反覆在發生，並可預測臺灣未來之災變天氣將會逐年增加，因此政府各部門及社會大眾都當重視此問題，積極面對及找出各個影響層面，深入研究探討並共謀因應對策，以確保國家糧食安全 (Food Security) 和長治久安 (楊純明，2010)。

¹政府間氣候變化專門委員會 (英語: Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC; 又譯政府間氣候變化專業委員會、跨政府氣候變化委員會等) 是附屬於聯合國的跨政府組織，於 1988 年由聯合國環境署、世界氣象組織合作組成，目的研究由人類活動所造成之氣候變遷。該委員會會員限於聯合國環境署及世界氣象組織的會員國。(IPCC, 2006)



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劃將可帶動相關行業之發展，破壞與建設，可謂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。鳳梨產量及產值雖為果樹之冠，但生產屬大面積之栽種，面臨人力短缺及土地取得不易等問題，以致生產成本過高，外銷市場主要為中國大陸、日本、香港，有市場過度集中的缺點，再提升產值的空間不大；香蕉於臺灣早期經濟起飛年代曾為我國賺取大量外匯，但近年臺灣香蕉於日本市場之地位已逐漸被中南美洲國家及菲律賓取代；相較之下，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。依據行政院農業委員會 107 年農業年報的統計，國內芒果平均年產值約 70 億元，目前總裁培面積 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，占果樹總裁培面積約 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。



我國果樹之生產包含熱帶、亞熱帶及溫帶，栽種品項達 30 餘種，產區遍佈全國，雖然種植面積自民國 98 年 207,091 公頃，逐年減少至民國 107 年的 185,463 公頃，減少共約 11%，但年產值反由民國 98 年新臺幣 657 億元，增加至民國 107 年新臺幣 993 億元，十年間成長約 50%，這代表我國果品貿易量增長以及附加價值提升。因此，在果品產值不斷增長的基礎下，如何確保產量的穩定成為重要的議題。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；張梅芳、陳守智與陳曦（2009）則認為溫度條件是芒果栽培關鍵的生態條件之一，花期和果期的雨量也是影響芒果產量的因子。

因此本研究之內容主要為，評估臺灣芒果生長期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。

第二節 研究目的與方法

臺灣主要的芒果種植區域為臺南、高雄、屏東等三地，而芒果產業要更上一層樓，甚至成為水果外銷之主力品項，關鍵性的條件首先必須有穩定的產量。從過去種植經驗得知，氣象災害是影響農作物產量的主要因子，颱風、降雨、溫度等氣象災害是芒果產量發生波動的主要原因，因此本研究之目的設定如下：

- 一、以農業氣象及芒果損失資料，估算芒果損失函數，瞭解氣象因子與損失產量之關聯性。
- 二、藉由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，建立具備芒果定量管理的依據。
- 三、依據研究結果建議芒果於生長周期該如何因應及調適氣象災害。



第三節 研究架構與流程

根據研究目的所設計之研究架構分述如下，本研究流程圖如圖 1-1 所示。

一、分析農業氣象災害之型態：

利用文獻及中央氣象局年報資料，彙整臺灣災害性天氣型態及趨勢，進而分析臺灣氣象災害。

二、分析臺灣芒果產銷現況及發展：

透過文獻回顧整理芒果生育週期和特性，並蒐集芒果產銷現況與未來契機。

三、損失函數之應用：

損失函數之基本概念探討及彙整損失函數在各領域的應用。

四、探討影響損失函數之變數並選擇研究方法：

針對農作物損害狀況與氣象災害做統計分析，設定損失函數模型，並研究設計應變數及自變數。

五、根據研究方法估計損失函數結果，依據實證結果分析，將農業氣象災害對芒果產量之影響提出建議採取的調適策略。

本論文共有五章，第一章為緒論；第二章介紹資料背景，將整理文獻上有關農業氣象災害的形態及災害性，另外蒐集臺灣芒果產銷現況及風險，並介紹損失函數概念及其應用，亦是本研究之基礎依據；第三章針對本研究所用之實證模型做介紹，並解釋推導過程，說明本實證模型應用所產出之損失函數結果，進而找出顯著的關鍵氣象因子；第四章彙整各國調適政策並分析我國芒果對農業氣象災害的調適策略；第五章作出研究結論，提出政策建議，說明研究限制。

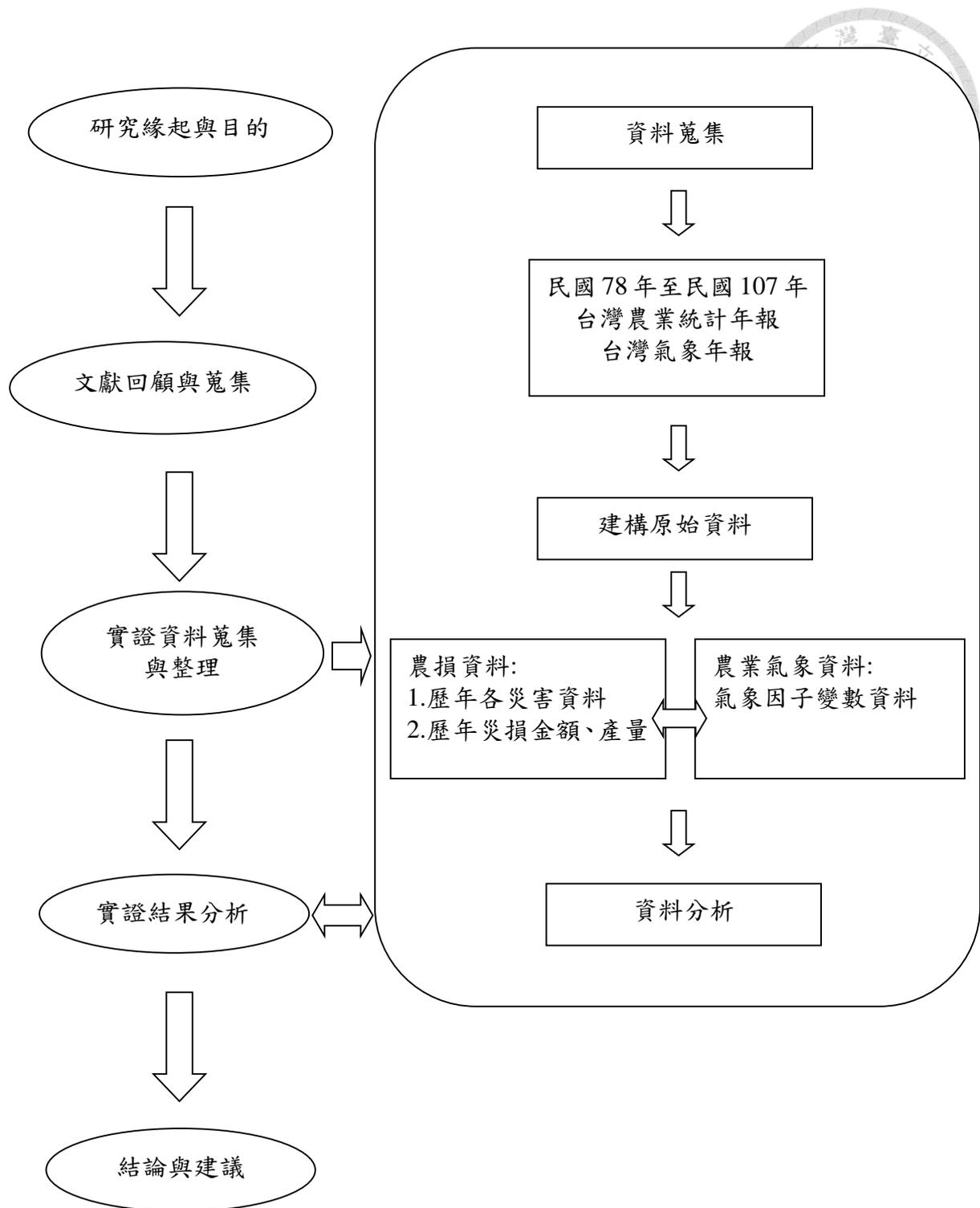


圖 1-1 研究流程圖

資料來源：本研究整理

第二章 文獻回顧



芒果屬於我國高經濟產值作物，由於品質優良且風味特殊，受到日本、香港等國消費者之喜愛，近年來已成為我國外銷生鮮果品的主力之一，主要的產地集中在臺南、高雄及屏東三縣市，惟其產量容易受到氣候變化所牽動而影響供應之穩定性，已成為農民開拓外銷市場的重大挑戰。本章將各別闡述氣象災害之形態及芒果產銷概況，並歸納整理損失函數之應用實例，期將氣象災害與芒果產量之關係藉由數據明確的建立起來。

第一節 農業氣象災害型態

眾所皆知颱風為臺灣最嚴重的氣象災害，除此之外，梅雨季節中的豪雨造成之水患，冬季寒流帶來的寒害，以及因長期不降雨形成的乾旱等等，造成臺灣經常發生的災害性氣候，因此豪雨、颱風、乾旱及寒流常被稱為臺灣的四大災害性天氣（陳正改，2011；謝信良、陳政改，1985、1986；蔡清彥，1993）。

一、颱風

在氣象學上，颱風就是一種劇烈的熱帶性低氣壓。熱帶洋面上因受到太陽直射之作用，使得海洋上的空氣處於高溫潮濕狀態，而因近赤道風力微弱，容易產生對流，同時周圍較低溫空氣流入補充再上升，如此循環不息，使得整個氣柱維持高溫、密度較小的空氣，以至於形成熱帶性低氣壓；當地面近中心最大風速到達或超過每小時 62 公里或每秒 17.2 公尺時，我們就稱它為颱風（陳正改，2011）。

我國中央氣象局對颱風強度所作分級是依據颱風近中心附近最大風速（採用 10 分鐘平均風），劃分為輕度颱風、中度颱風及強烈颱風等 3 級，詳細的颱風強度分級內容如表 2-1。

表 2-1 颱風強度分級表

颱風強度	颱風近中心附近最大風速			
	時公里(km/hr)	秒公尺(m/s)	時海里(kts)	相當蒲福風級
輕度颱風	62 ~ 117	17.2 ~ 32.6	34 ~ 63	8 ~ 11
中度颱風	118 ~ 183	32.7 ~ 50.9	64 ~ 99	12 ~ 15
強烈颱風	184 以上	51.0 以上	100 以上	16 以上

資料來源：中央氣象局全球資訊網知識與天文（2020）

造成災害損失的主要原因係由於颱風所具有的豪雨、暴風和其引發的浪潮；而氾濫成災乃是豪雨所產生之逕流。颱風浪潮不僅使海面發生最嚴重之災害，沿海地區遭受之禍害更為驚人。在河川出口處如風向助虐，浪潮將使海水倒流，因而河岸兩側及沿海地區發生嚴重洪災。另外，颱風狂暴的風力雖然只摧毀地面上較為脆弱之物體，但其所挾帶的豪雨因具有沖刷作用，致使多山的臺灣所造成之災害格外明顯據烈（陳正改，2011）。

颱風雨量之分佈深受氣流與地形交互作用之影響。大多數颱風自東岸登陸，向西進行，跨越中央山脈威力略減，但若遇西南氣流及其低層噴射氣流（low-level jet），則山區雨勢增強，常於清晨西移至臺中、嘉義與屏東，造成一大雨中心，颱風所造成之災害，不僅決定於其風速與雨勢，更重要者為其所經是否為農田，及當時作物之生育情形（楊之遠、張鏡湖，1989）。



二、豪雨

臺灣因地理位置造就其特殊的自然環境，使得降雨在時間和空間的分布上呈現不均勻狀態，交通部中央氣象局對雨量定義參閱表 2-2。綜觀臺灣地區，豪雨除由颱風帶來之外，主要可歸納為四大類：

- (一) 熱帶性低壓引起之豪雨。
- (二) 西南氣流引發之雷雨或熱雷雨。
- (三) 鋒面雨。
- (四) 東北季風雨。

表 2-2 雨量分級定義表

大雨	24 小時累積雨量達 80 毫米以上，或時雨量達 40 毫米以上之降雨現象。
豪雨	24 小時累積雨量達 200 毫米以上，或 3 小時累積雨量達 100 毫米以上之降雨現象。
大豪雨	24 小時累積雨量達 350 毫米以上，或 3 小時累積雨量達 200 毫米以上之降雨現象。
超大豪雨	24 小時累積雨量達 500 毫米以上之降雨現象。

資料來源：中央氣象局全球資訊網知識與天文（2020）

每年的 5 至 6 月為臺灣的梅雨季節，鋒面系統因滯留徘徊於臺灣周圍，而梅雨鋒面上的中尺度低壓擾動將很容易引發豪雨，造成嚴重水患（陳正改，1983；吳宗堯、陳泰然、謝信良等，1984）。7 至 9 月西南氣流或熱帶性低壓所引發的異常降雨，由於其雨勢強及集中，常會造成嚴重的淹水，導致農作物及魚塭等受災。10 月至隔年 4 月，影響臺灣之天氣型態，以冷鋒及東北季風為主，其所發生的豪雨主要是出現於北部地區，受災農作物大部分為葉菜類及少數的二期水稻為主（陳正改，2011）。



我國雖然整年雨量充沛，但降雨時間分布不均且集中，降雨量多來自春夏季節，由鋒面引起的梅雨，以及夏秋季由颱風、熱帶性低氣壓或西南氣流引發的短時效強降雨，約有 78% 的降雨量集中於 5 至 10 月。而秋冬季冷鋒及東北季風，更為北部帶來豐沛雨量。根據中央氣象局定義，每小時雨量超過 15 mm 的連續性大雨，且日雨量超過 130 mm 以上者，稱之為豪雨。短期間發生的豪雨，往往成為雨害主要成因 (Lin 1998)。

豪雨除影響農作物本身外，亦會造成山坡地土石流，使種植於其上的果樹產地受損，如處於沿海地區發生海水倒灌，以及積水不退導致地盤鬆動軟弱及浮根，將造成果樹傾倒損害 (Lin 1998; Maki 1995)。農作物本身受到豪雨或長期降雨衝擊，易發生病蟲害，造成嚴重的威脅。Shen and Chen (1994) 研究指出，臺灣西南部農作物於梅雨季節所承受的豪雨風險，果樹及蔬菜平均風險機率为 25%，遠高於糧食作物的 16% (張致盛、陳怡靜、張林仁，2009)。

三、寒流

當寒潮爆發時，若配合長夜天空無雲之天氣，低窪或不易使空氣流動之地形條件時，臺灣南部地區極易出現氣溫低於 10°C 情形，若造成農作物損傷即為寒害 (Hsu, 1981)；另氣溫雖未低於 10°C，但受農作物種類與生長情況影響，亦會發生不同程度之寒害情形 (唐琦、徐森雄，2007)。冬天由於來自北方的冷氣團，將會使各地氣溫明顯下降。各國對冷空氣強度之定義不同，臺灣是以臺北市之低溫作為衡量冷空氣強度之標準，並將其強度分為三級：

- (一)當臺北市的低溫降至 10°C 或以下時，臺灣即受寒流或寒潮之侵襲。
- (二)當受強烈大陸冷氣團影響時，臺北市低溫介於 10°C 至 12°C (含 12 度) 之間。
- (三)如受大陸冷氣團影響時，臺北市的低溫則介於 12°C 至 14°C (含 14 度) 之間 (陳正改，2011)。



四、乾旱

乾旱指的是一段時期的降雨量與氣候平均狀態相比為異常偏少的情況。Wilhite and Glantz (1985) 將乾旱分為六種，其中較常見的為氣象乾旱、農業乾旱以及水文乾旱。氣象乾旱指的是一段時期的降雨量或降雨日異常偏少，農業乾旱則是由於雨量過少而造成土壤濕度異常偏低或是作物生長異常，水文乾旱則是因雨量過少致使河川流量、湖泊以及地下水等水文資源異常偏少的現象。

在臺灣，根據中央氣象局的定義，以連續 20 日以上無可量降雨紀錄者（有氣象人員駐守之綜觀氣象站資料為依據）為乾旱標準。臺灣降雨特性在全年中明顯有兩個極值，即 5 月至 6 月的梅雨降雨，以及 7 月至 8 月的颱風季降雨，除此之外其他時節降雨量明顯較少，尤其從秋季至隔年春季，其這段時間是乾旱的好發期。根據經濟部水利署電子報（2016），臺灣的乾旱發生頻率為平均每 10 年會發生一次大旱，2 至 3 年會發生一次小旱，乾旱發生次數最多的縣市分別為北部的臺北市、桃園市、新竹縣以及中南部的嘉義縣和臺南市（洪致文、施明甫，2017）。

第二節 芒果生長習性及產程風險

一、芒果生長習性

芒果原產於印度，屬漆樹科，為熱帶果樹，性喜高溫，能耐濕旱，環境適應力甚強，栽培容易。芒果生育最適溫度在 24~27°C，對冷、霜甚為敏感，開花期間氣溫降至 6°C 以下，花穗、幼果均受凍害，因此冬季最低溫度乃是芒果生育重要限制因子（黃惠琳、陳萬福，2000）。根據行政院農委會芒果主題館網站，由美國引進的愛文是最受消費者及生產者喜愛之品種。愛文品種主要產地集中在台南及屏東等地，在開花期及結果期受溫度之影響很大，高溫情況下從開花期到採果期的期程較短，反之則長。

屏東地區的開花期約在 12 月中至下旬，1 至 2 月結幼果，3 月為生理落果期，4 月至 5 月為果實肥大期，5 月為成熟及收穫期。而高雄、臺南地區的開花期則較晚，約在 1 至 3 月，且可分為早、中、晚三期，早期花在元月或元月以前零星開放，中期花在 2 月，晚期花在 3 月開放，早期與中期花有較佳的結果率，晚期花最差，早至中期花時常遭受冷霜危害。4 月為幼果期，亦為生理落果期，為數眾多未經授粉的單偽果在此時落果，5 至 6 月中旬為果實肥大期，6 月下旬至 7 月為成熟及果實採收期（凱特等秋、冬季採收品種可延後至 8 月至 11 月採收），8 月至 11 月為生育期，12 月為花芽分化期。統整後之芒果生育週期圖詳如圖 2-1，此週期為本研究分析基礎及實證依據。

芒果生長期對溫度需求是相當重要，尤其是臺灣芒果生產地區是接近亞熱帶，在枝梢的休眠期間如遭遇乾旱，或是感受低於 15°C 以下氣溫，對花芽分化是有相當幫助。換言之，芒果的花期調控主要受到枝梢成熟度與低溫兩種因素的影響，這對於臺南以北的亞熱帶芒果產區雖有利，但對於位在熱帶或比較高溫高濕的地區，這種有助於花芽分化的「低溫」環境通常是不存在的，因此枝梢成熟度便成為屏東地區調控芒果開花的首要條件（張錦興，2017）。

行政院農業委員會高雄農業改良場 100 年度科技計畫研究報告中有詳盡的愛文芒果生育狀態及日數實驗統計，如表 2-3 所示，此資料可用於本研究第三章的計量分析與結果驗證。



圖 2-1 芒果生育週期圖

資料來源：本研究整理自行政院農業委員會農業試驗所

表 2-3 愛文芒果生育階段及日數

生育階段	時間	累計日數
修剪	6月中旬	0
第1次梢	6月下旬	10
第2次梢	8月上旬	51
第3次梢	9月中旬	92
休眠期	10月中旬	122
花芽分化	11月中旬	152
10%抽穗	12月中旬	182
60%抽穗	12月下旬	192
5%開花	1月上旬	203
60%開花	1月下旬	223
幼果期	2月下旬	254
中果期	4月上旬	295
成熟期	5月上旬	325
採收始期	5月下旬	345
採收結束	6月下旬	

資料來源：行政院農業委員會高雄農業改良場 100 年度科技計畫研究報告 (2011)

二、芒果產程風險

芒果係深根性果樹，對土壤選擇不甚嚴格，但以土層深厚、土質輕鬆、富含腐植質之砂質壤土為最佳，土壤酸鹼值宜介於 pH5.5~7.5 之間；此外，果園排水、通風亦甚為重要，臺南、高雄及屏東等地區因自然條件合適栽培，因此成為我國芒果的主要重要產區（黃惠琳、陳萬福，2000）。

芒果屬熱帶作物，適合溫暖及日照充足的地區，溫度低於 15°C 以下或高於 35°C 花粉活力下降，花粉發芽最適溫度為 25°C~30°C（李雪如，2015）。近年來，受颱風、暖冬、冬雨等氣候影響，果樹生育週期改變，攪亂農友的栽培工序。以往，

屏東地區的愛文芒果花穗多在 2 月初前抽出，但因氣候變遷，至 3 月中旬仍有植株花穗才正要探頭而出，此時，芒果園多呈現 3~4 種花期。

芒果在花期之風險極高，除面對參差不齊的開花時間，且畸形花日趨普遍外，氣候變化劇烈，低溫(寒流)、秋颱、高溫(民間俗稱南風)及病蟲之危害，常造成開花、結果及果實品質不佳，導致輕重不等的災損。以臺南地區為例，1~3 月為芒果開花期，開花前最好氣候條件是乾旱低溫，如果此階段的土壤濕度過高，則容易造成營養生長而不易開花(黃和炎、劉銘峰，1998)。因此，芒果栽培需特別重視樹體營養與土壤、施肥管理，農民需掌握樹體狀態及氣候條件，並配合栽培技術作適量的施肥，以培育健康的結果枝梢，才能穩定開花著果，減緩氣候變化的衝擊。

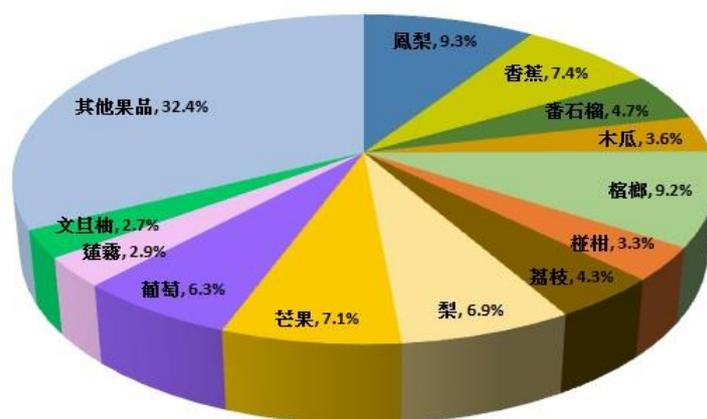
至於在芒果生育周期中，對水分需求有固定階段，並非多多益善。尤其是花芽分化前期、開花期及結果期，均須乾燥氣候來促使新梢休眠，結果枝充實發育，以利花芽分化及開花授粉，並減少病蟲害產生。到了果實發育期，則需有適當水分灌溉，方能加速果實生長發育；如長期乾旱不雨又無灌溉，則易產生落果情形。一般而言，在乾雨交替氣候中，年雨量達 500 公厘以上，即適合芒果的栽培(廖春梅，1989)。

第三節 芒果產業產銷現況

芒果為臺灣重要熱帶水果之一，從圖 2-2 中可以看出，我國 107 年果品總產值為新台幣 993 億元，芒果產值佔整個總產值的 7.1%，名列果品項目中第四名，其產業貢獻度極為重要。

芒果主要栽培地區在臺南、高雄及屏東地區，民國 107 年芒果種植面積為 16,109 公頃。依據表 2-4 的農委會近 10 年農業統計年報資料顯示，我國芒果種植面積平均每年為 16,780 公頃，年產量平均達 155,056 公噸，年產值約新台幣 70 億

元。芒果的種植面積雖有逐漸減少的趨勢，但產值有明顯的成長，民國 107 年芒果產值為新台幣 70.1 億元，較民國 98 年芒果產值新台幣 50.6 億元增加約 50%，外銷量部分也有逐步攀升現象。從表 2-4 中也可發現，105 年因低溫寒害的影響，產量減少至 106,766 公噸，比平均產量減少約 6 萬公噸，當年度的外銷量亦大受影響，減少為 1,519 公噸，由此可知，氣象災害對農作的產量影響極為密切。



107年總產值993億元

圖 2-2 民國 107 年各項果品產值

資料來源：本研究整理自行政院農業委員會統計年報（2018）

表 2-4 近 10 年臺灣芒果產銷概況

年度	種植面積 (公頃)	產量 (公噸)	外銷量 (公噸)	產值 (億元)	臺北市場 愛文批發價 (元/公斤)	產地價 愛文批發價 (元/公斤)
98	17.130	140.290	4.539	50.6	40.1	59.2
99	16.796	135.293	4.699	50.3	43.8	71.2
100	16.695	169.380	4.382	64.8	50.3	69.5
101	16.356	167.247	2.357	70.2	61.1	79.8
102	16.508	215.168	6.266	91.9	49.4	57.0
103	15.068	152.932	6.438	76.2	56.1	66.9
104	15.465	166.260	10.812	69.7	39.5	57.5
105	15.683	106.766	1.519	84.1	84.5	100.1
106	16.050	150.559	4.762	77.2	49.3	55.1
107	16.109	146.672	5.201	70.1	51.2	49.6
平均	16,780	163,136	4,481	70.5	50.1	65.1

資料來源：行政院農委會農業統計年報（2009~2018）

臺灣芒果依品種種類大致可分為本地種及改良種兩種。本地種芒果，種植面積 3 千餘公頃，屏東縣種植面積最多，約占本地種芒果之 64%。改良種芒果，種植面積 1 萬 3 千餘公頃，約占整體芒果種植面積之 80%，年產量 12 萬 3 千餘公噸，其中以愛文芒果最多，約佔改良種芒果種植面積之 55%，主產地以臺南地區(占 53%) 為最多，臺南地區產期 6 月下旬至 7 月下旬，屏東 5 月下旬至 6 月下旬(莊老達，2013)，我國主要生產芒果地區集中於南部縣市，其中以台南市、高雄市及屏東縣為三大產區，從表 2-5 中可知芒果種植面積最高為台南市，占比於 44.5%~47.7%，其次為屏東縣，占比於 33.8%~38%，高雄市占比於 11.1%~12.5%，三縣市種植面積約占全國 90% 的比率。另於表 2-6 中瞭解芒果產量最高為台南市，占比於 37.8%~55.6%，其次為屏東縣，占比於 30.3%~44.9%，高雄市占比於 8.4%~11.2%。

表 2-5 近 10 年臺南、高雄及屏東芒果種植面積統計

年 度	全縣市總計	台南		高雄		屏東	
	種植面積 (公頃)	種植面積 (公頃)	種植面積 占比(%)	種植面積 (公頃)	種植面積 占比(%)	種植面積 (公頃)	種植面積 占比(%)
98	17130	7757	45.3%	1903	11.1%	6505	38.0%
99	16796	7661	45.6%	2061	12.3%	6091	36.3%
100	16695	7672	46.0%	2051	12.3%	5969	35.8%
101	16356	7682	47.0%	2043	12.5%	5582	34.1%
102	16508	7870	47.7%	2030	12.3%	5573	33.8%
103	15068	7032	46.7%	1873	12.4%	5217	34.6%
104	15465	7059	45.6%	1891	12.2%	5486	35.5%
105	15683	7064	45.0%	1876	12.0%	5645	36.0%
106	16050	7147	44.5%	1940	12.1%	5776	36.0%
107	16109	7161	44.5%	1923	11.9%	5797	36.0%

資料來源：行政院農委會農業統計年報(2009~2018)

表 2-6 近 10 年臺南、高雄及屏東芒果產量統計

年 度	全縣市總計	台南		高雄		屏東	
	產 量 (公噸)	產 量 (公噸)	產量占比 (%)	產 量 (公噸)	產量占比 (%)	產 量 (公噸)	產量占比 (%)
98	140290	71079	50.7%	12882	9.2%	46550	33.2%
99	135293	51119	37.8%	13284	9.8%	60695	44.9%
100	169380	84486	49.9%	18954	11.2%	55492	32.8%
101	167247	78029	46.7%	16830	10.1%	61892	37.0%
102	215168	119611	55.6%	18071	8.4%	65989	30.7%
103	152932	75784	49.6%	15896	10.4%	50981	33.3%
104	166260	78888	47.4%	17973	10.8%	58739	35.3%
105	106766	47273	44.3%	10611	9.9%	39848	37.3%
106	150559	77099	51.2%	16350	10.9%	45643	30.3%
107	146672	61382	41.8%	16197	11.0%	56796	38.7%

資料來源：行政院農委會農業統計年報（2009~2018）

芒果產品分為生鮮冷芒果、脫水或乾製芒果、冷凍芒果、調製芒果、芒果汁、芒果罐頭等。我國芒果產品於國內市場均以鮮食為主，出口最大宗為生鮮冷藏芒果，近幾年來由於專家學者在品種、病蟲害防治及採收後處理技術不斷研究改進之下，深獲國際市場好評，目前列為農委會外銷旗艦產品之一，在積極拓展外銷之下，其產值逐年升高。依行政院農委會農業統計年報資料得知，參閱表 2-7，民國 108 年外銷產值 27,161 千美元比民國 99 年 13,576 千美元增加 50%，其主要原因為外銷果實品質提升所致。

表 2-7 近 10 年臺灣芒果出口產值



年度	芒果產品項目(千美元)		合計 (千美元)
	鮮冷芒果及脫水或乾製芒果	其他	
99	11,925	1,650	13,576
100	14,735	1,639	16,373
101	11,392	1,558	12,950
102	15,364	2,395	17,759
103	17,524	3,776	21,301
104	27,302	3,198	30,500
105	9,582	3,318	12,900
106	14,883	3,609	18,492
107	17,409	4,489	21,898
108	22,196	4,965	27,161

資料來源：行政院農委會農業統計年報（2010~2019）

由表 2-8 得知以民國 108 年的出口額中，我國芒果產品主要出口國為中國大陸（39%）、日本（23%）、香港（12%）為前三大，若以出口重量來看，主要出口國為中國大陸（50%）、香港（22%）、日本（9%），我國芒果產品貿易對象於亞洲國家，外銷品種以愛文和金煌芒果為主。於海外市場的主要競爭對手為泰國、菲律賓、澳洲及墨西哥、秘魯等，臺灣芒果品質頗受國際肯定，若能加強整合出口行銷，進一步強化病蟲害防治、農業管理與人才培養，當可再提升我芒果出口之競爭力。

表 2-8 臺灣芒果及其製品出口市場(108 年依出口額排序前十名)

排序	國家別	出口			
		重量 (公噸)	重量占比	出口額 (一千美金)	金額占比
1	中國大陸	4,786	50%	10,574	39%
2	日本	835	9%	6,243	23%
3	香港	2,058	22%	3,318	12%
4	大韓民國	692	7%	3,768	14%
5	美國	711	7%	1,740	6%
6	新加坡	146	2%	278	1%
7	加拿大	87	1%	353	1%
8	澳大利亞	57	1%	295	1%
9	越南	31	0%	139	1%
10	馬來西亞	28	0%	74	0%
	合計	9,534	100%	27,163	100%

資料來源：行政院農委會農業統計年報（2019）

第四節 損失函數概論

一、損失函數的基本概念

損失函數 (Loss Function) 是所有優化問題的關鍵組成，例如統計決策理論、決策估計、預測、學習、分類、金融投資等，本研究的討論將僅限於計量經濟學與農業生產函數所常使用之損失函數。

損失函數的應用非常廣泛，可藉由發生成因瞭解與災害或變異之間的關聯性，並可提供研究者、決策單位及政府進行風險分析及訂定防災減災保護策略。在製造業方面，黃允成、謝雅惠（2016）以生產者立場研究商品在生產過程中因製程發生變異，將修正後的傳統品質損失函數用以衡量產品之品質損失，並分析最佳投資方案，達到生產者期望利潤最大化之目標。閻鐵民（2006）以田口博士的損



失函數為基礎，依消費者允差與損失成本估算製造允差後，修正製造商製程能力的估算方式，才真實反應出製造能力，確保消費者權益。而潘浙楠、李婉瑜(2006)利用損失函數估算生產者及顧客所遭受之期望損失(重作、報廢及檢驗成本等)，以利訂定出讓產品之損失最小的經濟工程規格標準，並可做為相關產業在制定標準規格及製程監控品質上的關鍵參考。

在農業方面，黃立夫(2017)以損失函數估算臺灣各區之高接梨損失，瞭解影響損失變數之關聯性，並預測極端氣候發生之損失情形，並透過純保險費法估算分區差別費率、災害損失、保險理賠金額及政府所需補貼金額。潘以甜(2017)選擇臺灣主要稻米生產且受災次數高的地區，使用水稻災損資料，分析近年災害之氣象因子之關係，依據損失曲線，選擇冪函數進行參數靈敏度分析，以提供未來水稻損失的推估。另朱蘭芬、陳吉仲、陳星瑞(2007)應用計量的方法，估計出臺灣各地區稻作因颱風造成之損失函數，藉由此函數為基礎來估算實施天然災害保險下，臺灣各地區稻作之保險費率。

除了製造業與農業，損失函數應用在其他方面的例子亦非常多，周慧玲(2005)由於資源過度的利用及工業高度的進步發展，導致環境污染與自然生態浩劫，明顯破壞民眾的生活品質，除了以階梯損失函數估計其所造成損失之外，並對違規異常損失部分提供初步的估算。宗志宇、何楨、孔祥芬(2007)採用多元損失函數法，針對噪音因子的多響應穩健性參數選擇進行優化。

也有一些文獻利用田野調查資料來建立損失函數，並進而分析對經濟福利的衝擊(Liu、Gau, 2002; 張本岳, 1994)。朱蘭芬、陳永明、張靜貞(2012)利用計量方法，建構颱風的不同連續降雨時數與稻作損失之關聯性。Liu 與 Gau(2002)分析雲林沿海因過度抽取地下水，造成地層下陷及海水倒灌等環境汙染的損失，並透過調查資料建立損失函數，估算地下水含水層之最佳使用量。

近幾年來，國際上有許多研究將天然災害損失與防災減災效益評估視為重要的議題，以丹麥的油菜生產為例，分析花粉甲蟲生長的日數、溫度、降雨量及殺



蟲劑使用狀況對產量損失的影響 (Hansen, 2004)。Larsson (2005) 分析小麥穀物蚜蟲的損失模型，並針對不同的預期產量和生長階段提出動態的經濟門檻，研究結果發現經濟損害和臨界值是病蟲害綜合防治計劃的重要組成，有助於農藥使用方面的決策。Rajarajeswari 與 Muralidharan (2006) 評估水稻細菌性葉枯病之流行對產量和區域生產損失的影響，將生產損失估算值調整為適合病原體損壞的實際面積，結果發現如將地區生產估計值乘以疾病患病率，可以精確得出地區的生產損失。Zhang (2004) 則從氣候學、地理學、災害科學、環境科學和氣象學的角度，利用地理資訊系統 (Geographic Information System, GIS) 建構中國大陸松遼平原的玉米產區乾旱災害之風險評估模型。

目前學界對於一般性天然災害之相關研究，其研究範圍與應用對象不斷擴大，從早期天然災害對農作物損害之分析，擴及天然災害對整體社會、自然環境的影響。這類的研究報告特色在於跨越多個領域，從損失原因之檢討、風險管理、防災減災措施、災後重建計劃到保險財務規劃，提出一系列完整的研究發現與災損的解決方案。本研究將應用文獻中所建構之農業損失函數，分析氣象災害與芒果產量損失之關聯性，並由其關聯性提供適宜的調適策略，使農民減輕損失及政府資源更有效率的配置。

第三章 損失函數模型設定和實證結果分析



第一節 資料來源與蒐集

本研究主要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，故自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 年芒果災損統計數據，共計 30 年。臺灣芒果主要栽培品種有在來種、愛文、金煌、凱特等（邱國棟、李文立，2012），由於農業統計年報無個別芒果品種之損失統計數據，所以本研究採用農業統計年報中芒果作物之災害損失數據進行研究分析。

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²，包括臺南站、高雄站、及恆春站。

此外，因民國 99 年五縣市改制為直轄市，其中臺南縣市及高雄縣市分別合併改制為臺南市及高雄市，為利於資料分析完整性及統計一致性，本研究將合併改制前後之資料加以整併。

民國 78 年至 107 年共 30 年間臺南市、高雄市、屏東縣發生芒果災損情形如表 3-1 所示，共計有 89 筆災害損失資料，造成芒果損失的總金額約為 45.8 億元，平均年損失金額約為 1.5 億元，損失數量約 13.2 萬公噸，平均年損失數量約為 4,390 公噸。

²綜觀氣象站目前共計有 30 個站，依據地面氣象測報作業規範執行定時觀測，其結果編為電碼拍發至指定機關，且填寫報表統計。遇氣象條件突變，如氣溫、氣壓突然急遽上升或下降，雷雨之發生和終止，風速風向之急遽轉變等情況，需即刻作特殊觀測，並按照規定填入觀測簿，製作電碼報告指定機關。一般地面氣象觀測無特別區分者，均指綜觀天氣觀測。（行政院交通部中央氣象局，2020）

表 3-1 民國 78 至民國 107 年臺灣芒果損失統計表

年度	損失數量(公噸)	損失價值(千元)
78	394	7,806
79	-	-
80	-	-
81	199	4,559
82	-	-
83	1,804	36,189
84	1,034	68,325
85	6,175	128,002
86	243	4,597
87	1,294	36,674
88	15,405	722,401
89	200	4,959
90	1,708	34,375
91	-	-
92	2,291	39,822
93	3,424	75,094
94	7,887	189,061
95	2,961	63,080
96	3,165	84,813
97	2,039	65,434
98	5,241	160,186
99	28,081	918,543
100	166	3,171
101	1,531	37,849
102	223	6,460
103	7,666	295,302
104	1,523	45,230
105	29,973	1,132,649
106	126	6,187
107	7,766	413,163
總計	132,520	4,583,931
平均	4,390	152,798

資料來源：本研究整理自行政院農業委員會統計年報（1989~2018）

註：本資料為臺南市、高雄市、屏東縣三縣市芒果損失統計。

表 3-2 顯示按照各類災害別之芒果災損統計，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。

其次如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 3-2 民國 78 至民國 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)	各災害別損失數 量佔總損失數量 比例(%)	損失價值 (千元)	各災害別損失金 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：本研究整理自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。



第二節 理論模型及變數選取

利用迴歸方式可估算多個解釋變數與被解釋變數之間的關聯性，本研究探討農業氣象災害對芒果產量之影響，利用中央象局的數據資料中包含氣壓、溫度、雨量、風速等多個氣象因子，因此，必須使用迴歸方式來進行相關性分析。

其次，本研究所使用的迴歸方式屬於追蹤資料模型 (Panel Data Model)，選擇採用追蹤資料分析有主要的原因，其一為本研究所使用的災損資料樣本期間雖長達 30 年，但因當中並非每年均發生災損，且模型中的解釋變數包括多個氣象因子，如災損樣本數偏少，將會影響到自由度與模型的解釋能力，如使用追蹤資料可增加研究樣本。其二，追蹤資料包含橫斷面資料 (Cross-Section Data) 和時間序列資料 (Time Series Data)，可提供較足夠的樣本變異性，能反映出本文所欲分析之國內芒果損失產量之原因及趨勢，且以跨時與跨地區的資料來作樣本，結論會較具一般性。基於上述兩個追蹤資料的特點，本研究將使用追蹤資料模型來進行實證分析，以下將分別討論追蹤資料的理論模型、模型檢定方法及研究設計與變數說明。

一、追蹤資料 (Panel Data) 理論模型

計量經濟學研究中，若將具有橫斷面及時間序列特性的資料組合而行分析研究，則稱為追蹤資料模型，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，且估算之變數可隨時間的延伸而遞增。

Hsiao (2003)、Klevmarken (1989) 及陳建興 (2011) 提出以下追蹤資料之特性：

- (一) 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。
- (二) 可控制經濟主體間的異質性。



(三) 追蹤資料的動態調整比橫斷面之能力好。

(四) 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：

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

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_{it} 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 $E(\varepsilon_{it}) = 0$ ， $E(\varepsilon_{it}^2) = \sigma^2$ 。

1. 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 $\alpha_{it} = \alpha_i$ 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 $E(\varepsilon_{it})=0$ ， $E(\varepsilon_{it}^2)=\sigma^2$ 。

2. 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：

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

$i=1,2,\dots,n$ ，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。 $E(\alpha_i x_{it}) \neq 0$

β_k ：第 k 個解釋變數之係數。

3. 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：



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

$i = 1, 2, \dots, n$ ，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 $\varepsilon_{it} = \alpha_i + v_{it}$ 。

二、模型檢定方法

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。

(一) 混合迴歸模型與固定效果模型之選擇

如何選取混合迴歸模型與固定效果模型，可利用 F 檢定 (Baltagi, 2005) 來檢測截距項 (α_i) 是否相等，其檢定式如下：

1. 假設檢定

$$\begin{cases}
 H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_n \\
 H_1 : \alpha_1 \neq \alpha_2 \text{ or } \alpha_2 \neq \alpha_3 \text{ or } \dots \alpha_{n-1} \neq \alpha_n
 \end{cases}$$



2. F 檢定統計量

$$F = \frac{\frac{SSR_R - SSR_U}{n-1}}{\frac{SSR_U}{nT - (n+k)}} \sim F(n-1, nT - n - k) \quad (5)$$

SSR_R ：混合迴歸模型的殘差平方和。

SSR_U ：固定效果模型的殘差平方和。

$n-1$ ：代表 H_0 限制條件之個數。

$nT - (n+k)$ ：不受限制模型之自由度。

3. 檢定決策

若拒絕 H_0 ，固定效果模型成立。

若接受 H_0 ，混合迴歸模型成立。

(二)混合迴歸模型與隨機效果模型之選擇

藉由 Breusch & Pagan (1980) 提出的拉氏乘數檢定 (Lagrange Multiplier, LM)

來檢測隨機截距項 (α_i) 是否存在，其檢定式如下：

1. 假設檢定

$$\begin{cases} H_0 : \mu_i = 0 \\ H_1 : \mu_i \neq 0 \end{cases}$$

2. LM 檢定統計量

$$LM = \frac{nT}{2(T-1)} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\sum_{t=1}^T e_{it})^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T e_{it}^2} - 1 \right] \sim X^2(1) \quad (6)$$

e_{it} ：混合迴歸模型的殘差。

n ：樣本數。

T ：研究期距。

3. 檢定決策



若拒絕 H_0 ，隨機效果模型成立。

若接受 H_0 ，混合迴歸模型成立。

(三) 固定效果模型與隨機效果模型之選擇

固定效果模型與隨機效果模型主要是截距項(α_i)呈現不同型態，固定效果模型是以固定截距表示，隨機效果模型則是隨機變數截距表示橫斷面資料不同的結構，可利用 Hausman (1978) 提出的 Hausman 檢定進行判斷。其檢定式如下：

1. 假設檢定

$$\begin{cases} H_0 : E(\alpha_i x_{it}) = 0 \\ H_1 : E(\alpha_i x_{it}) \neq 0 \end{cases}$$

2. Hausman 檢定統計量

$$H = \left[\hat{\beta}_{FE} - \hat{\beta}_{RE} \right]' \left[\text{var}(\hat{\beta}_{FE} - \hat{\beta}_{RE}) \right] + (\hat{\beta}_{FE} - \hat{\beta}_{RE}) \sim X^2(K-1) \quad (7)$$

$\hat{\beta}_{FE}$ ：固定效果模型下之估計數值。

$\hat{\beta}_{RE}$ ：隨機效果模型下之估計數值。

$\text{var}(\hat{\beta}_{FE} - \hat{\beta}_{RE})$ ：為共變異矩陣。

3. 檢定決策

若拒絕 H_0 ，固定效果模型成立。

若接受 H_0 ，隨機效果模型成立。

三、研究設計與變數說明

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，本資料的農業災害與氣象因子資料涵蓋民國 78 年至民國 107 年之時間序列，共計 30 年。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，芒果生育階段期程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，參閱表 3-3，被解釋變數設為芒果災害損失之產量。實證模型如下式：

$$LOSS = F(AIR\ TEMPERATURE, PRESSURE, WIND\ SPEED, RAIN\ FALL, NUMBER\ OF\ TYPHOONS, TAINAN, KAOHSIUNG) \quad (8)$$

式(8)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：

AIR TEMPERATURE：月平均之溫度值（度）。

PRESSURE：月平均之氣壓值（百帕）。

WIND SPEED：月平均之風速（公尺/秒）。

RAIN FALL：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：

$$\begin{aligned} LOSS_i = & \beta_0 + \beta_{1j} [AIR\ TEMPERATURE_i (M_j)] + \beta_{2j} [PRESSURE_i (M_j)] \\ & + \beta_{3j} [WINDSPEED_i (M_j)] + \beta_{4j} [RAINFALL_i (M_j)] \\ & + \beta_{5j} [NUMBEROFTYPHOONS_i (M_j)] + \beta_{6j} [TAINAN] + \beta_{7j} [KAOHSIUNG] + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (9)$$



式(9)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，採用行政院農業委員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。依據「農產業天然災害救助作業要點」中，農產業災損查報及通報程序為農產業遭受天然災害損害，由受災地鄉（鎮、市、區）公所（以下簡稱基層公所）查報並通報災損至直轄市、縣（市）政府。基層公所查報之災損程度與毗鄰之基層公所查報結果落差過大時，直轄市、縣（市）政府應通知基層公所儘速確認修正，直轄市、縣（市）政府彙整轄內災損後通報農委會農糧署，農委會農糧署彙整災損並通報農委會統計室。

(二)解釋變數

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當的生長溫度，不適當的溫度降低生長及代謝活性（陳宗禮，2009）。芒果開花期的長短常受氣溫之影響，氣溫高花期短，氣溫低如遇寒流、降雨時，則花期會因而延長。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，資料選取關鍵的開花期到採收期月份（12月始至7月迄）。

2.氣壓氣象因子

標準的海平面的氣壓是760公釐，換算為百帕則是1013百帕，這高於1大氣壓（1013.25百帕）以上是高氣壓 低於1大氣壓（1013.25百帕）以下是低氣壓，



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，資料選取關鍵的開花期到採收期月份（12 月始至 7 月迄）。

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，雨影響作物較為間接且極複雜，豪雨對作物與土壤有機械性之撞擊力，造成表土流失，流沙埋沒，作物側伏等現象。撞擊力之動能決定於雨點之大小與速度。雨點之平均直徑大致與雨量度成正比，豪雨亦可造成洪水，使作物水腐爛，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，資料選取關鍵的開花期到採收期月份（12 月始至 7 月迄）。

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，資料選取關鍵的開花期到採收期月份（12 月始至 7 月迄）。

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，資料選取關鍵的開花期到採收期月份（12月始至7月迄），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。

表 3-3 估計損失函數之變數表(1/2)

變數	變數代號	變數涵義
應變數		
損失產量	LOSS	颱風、低溫或豪雨造成損失產量(公噸)
虛擬變數		
臺南	TAINAN	災損發生縣市虛擬變數；發生於臺南為1，不是則為0
高雄	KAOSIUNG	災損發生縣市虛擬變數；發生於高雄為1，不是則為0
屏東	PINGTUNG	災損發生縣市虛擬變數；發生於屏東為1，不是則為0
自變數		
1月氣壓	Jan PRESSURE	該縣市1月平均之氣壓值(百帕)
2月氣壓	Feb PRESSURE	該縣市2月平均之氣壓值(百帕)
3月氣壓	Mar PRESSURE	該縣市3月平均之氣壓值(百帕)
4月氣壓	Apr PRESSURE	該縣市4月平均之氣壓值(百帕)
5月氣壓	May PRESSURE	該縣市5月平均之氣壓值(百帕)
6月氣壓	June PRESSURE	該縣市6月平均之氣壓值(百帕)
7月氣壓	July PRESSURE	該縣市7月平均之氣壓值(百帕)
12月氣壓	Dec PRESSURE	該縣市12月平均之氣壓值(百帕)
1月溫度	Jan AIRTEMPERATURE	該縣市1月平均之溫度值(度)
2月溫度	Feb AIRTEMPERATURE	該縣市2月平均之溫度值(度)
3月溫度	Mar AIRTEMPERATURE	該縣市3月平均之溫度值(度)
4月溫度	Apr AIRTEMPERATURE	該縣市4月平均之溫度值(度)
5月溫度	May AIRTEMPERATURE	該縣市5月平均之溫度值(度)
6月溫度	June AIRTEMPERATURE	該縣市6月平均之溫度值(度)
7月溫度	July AIRTEMPERATURE	該縣市7月平均之溫度值(度)
12月溫度	Dec AIRTEMPERATURE	該縣市12月平均之溫度值(度)

表 3-3 估計損失函數之變數表(2/2)

變數	變數代號	變數涵義
自變數		
1 月風速	<i>Jan WIND SPEED</i>	該縣市 1 月平均之風速(公尺/秒)
2 月風速	<i>Feb WIND SPEED</i>	該縣市 2 月平均之風速(公尺/秒)
3 月風速	<i>Mar WIND SPEED</i>	該縣市 3 月平均之風速(公尺/秒)
4 月風速	<i>Apr WIND SPEED</i>	該縣市 4 月平均之風速(公尺/秒)
5 月風速	<i>May WIND SPEED</i>	該縣市 5 月平均之風速(公尺/秒)
6 月風速	<i>June WIND SPEED</i>	該縣市 6 月平均之風速(公尺/秒)
7 月風速	<i>July WIND SPEED</i>	該縣市 7 月平均之風速(公尺/秒)
12 月風速	<i>Dec WIND SPEED</i>	該縣市 12 月平均之風速(公尺/秒)
1 月雨量	<i>Jan RAIN FALL</i>	該縣市 1 月累積雨量值(毫米)
2 月雨量	<i>Feb RAIN FALL</i>	該縣市 2 月累積雨量值(毫米)
3 月雨量	<i>Mar RAIN FALL</i>	該縣市 3 月累積雨量值(毫米)
4 月雨量	<i>Apr RAIN FALL</i>	該縣市 4 月累積雨量值(毫米)
5 月雨量	<i>May RAIN FALL</i>	該縣市 5 月累積雨量值(毫米)
6 月雨量	<i>June RAIN FALL</i>	該縣市 6 月累積雨量值(毫米)
7 月雨量	<i>July RAIN FALL</i>	該縣市 7 月累積雨量值(毫米)
12 月雨量	<i>Dec RAIN FALL</i>	該縣市 12 月累積雨量值(毫米)
5 月有造成 損失颱風次數	<i>May Number of Typhoons</i>	該縣市 5 月颱風次數
6 月有造成 損失颱風次數	<i>June Number of Typhoons</i>	該縣市 6 月颱風次數
7 月有造成 損失颱風次數	<i>July Number of Typhoons</i>	該縣市 7 月颱風次數
12 月颱風有造成 損失颱風次數	<i>Dec Number of Typhoons</i>	該縣市 12 月颱風次數

資料來源：本研究整理。

註：資料選取芒果關建的開花期到採收期月份(12 月始至 7 月迄)。



第三節 實證結果分析

本研究的目的是在於瞭解農業氣象災害與芒果損失產量之間是否具相關性，並以臺南市、高雄市、屏東縣等三縣市為實證範圍進行研究，藉此得到最佳的估計。本文實證結果探討是分為兩種分析方法，首先針對相關氣候因子變數進行基本敘述性統計量分析，觀察氣候於不同年度中的變化，並區分月份檢視其特性，之後，採用追蹤資料分析方式，分析農業氣象災害因子對損失產量的影響。

一、敘述性統計分析

本文分析臺灣芒果主要產地臺南市、高雄市、屏東縣等三縣市，於民國 78 年到民國 107 年各項變數之基本敘述統計資料，參閱表 3-4。從月資料能看出氣候變數於各年度之分佈狀況，但若將月資料轉換為年資料，將無法全面性觀察出氣候因子於各年度之分佈情形。資料顯示年平均損失產量為 1,463.33 公噸；月平均氣壓介於 1,000.90 百帕至 1,019.90 百帕之間，夏季 6 月至 7 月氣壓較低，冬季 12 月至 2 月氣壓較高；月平均溫度介於 15.4°C 至 30.6°C 之間，資料中最低溫發生於 1 月份，最高溫發生在 6 月份，月平均風速介於 1.6 公尺/秒至 6.3 公尺/秒之間，冬季的風速略高於其他季節，而各年度月累積雨量值介於無降雨至 1412.7 毫米之間，雨量最多月份為 6 月至 7 月，因臺灣南部於夏季受東南季風影響易有降雨機會，並於此期間颱風侵襲頻率高，其中最高月平均累積雨量為 6 月份之 381.92 毫米，颱風次數介於 0 至 2 次，因於樣本期間 30 年中的 1 月份至 4 月份，共計 4 個月份均無颱風次數，故不列入。

本研究統計 30 年災損數據，從芒果主要生長周出 12 月至 7 月芒果災損比例約佔整年損失的 80%，8 月至 11 月災損比例約佔整年損失的 20%，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。

表 3-4 解釋變數之敘述性統計表(1/2)

變數	變數代號	平均值	最小值	最大值	標準差
應變數					
損失產量	<i>LOSS</i>	1463.33	0	27641.61	3878.99
虛擬變數					
臺南	<i>TAINAN</i>	0.33	0	1	0.47
高雄	<i>KAOHSIUNG</i>	0.33	0	1	0.47
屏東	<i>PINGTUNG</i>	0.33	0	1	0.47
自變數					
1 月氣壓	<i>Jan PRESSURE</i>	1016.49	1013.00	1019.80	1.58
2 月氣壓	<i>Feb PRESSURE</i>	1015.64	1012.10	1019.60	1.72
3 月氣壓	<i>Mar PRESSURE</i>	1013.81	1008.20	1017.30	1.68
4 月氣壓	<i>Apr PRESSURE</i>	1011.00	1008.10	1013.70	1.34
5 月氣壓	<i>May PRESSURE</i>	1007.98	1005.20	1011.40	1.37
6 月氣壓	<i>June PRESSURE</i>	1005.92	1000.90	1010.20	1.65
7 月氣壓	<i>July PRESSURE</i>	1005.06	1001.10	1009.30	1.86
12 月氣壓	<i>Dec PRESSURE</i>	1016.32	1011.50	1019.90	1.73
1 月溫度	<i>Jan AIRTEMPERATURE</i>	19.64	15.40	23.50	1.78
2 月溫度	<i>Feb AIRTEMPERATURE</i>	20.80	15.80	24.70	2.20
3 月溫度	<i>Mar AIRTEMPERATURE</i>	23.20	19.10	27.00	1.95
4 月溫度	<i>Apr AIRTEMPERATURE</i>	25.90	21.10	28.80	1.39
5 月溫度	<i>May AIRTEMPERATURE</i>	27.80	25.70	30.20	0.81
6 月溫度	<i>June AIRTEMPERATURE</i>	28.73	27.50	30.60	0.63
7 月溫度	<i>July AIRTEMPERATURE</i>	28.96	27.50	30.50	0.74
12 月溫度	<i>Dec AIRTEMPERATURE</i>	20.93	17.80	24.90	1.55

表 3-4 解釋變數之敘述性統計表(2/2)

變數	變數代號	平均值	最小值	最大值	標準差
自變數					
1 月風速	<i>Jan WINDSPEED</i>	3.42	1.90	5.40	0.97
2 月風速	<i>Feb WIND SPEED</i>	3.23	1.90	5.30	0.89
3 月風速	<i>Mar WIND SPEED</i>	2.99	1.80	5.30	0.73
4 月風速	<i>Apr WIND SPEED</i>	2.66	1.60	4.40	0.58
5 月風速	<i>May WIND SPEED</i>	2.46	1.60	3.40	0.42
6 月風速	<i>June WIND SPEED</i>	2.58	1.60	3.90	0.46
7 月風速	<i>July WIND SPEED</i>	2.67	1.80	3.70	0.43
12 月風速	<i>Dec WIND SPEED</i>	3.46	1.70	6.30	1.28
1 月雨量	<i>Jan RAIN FALL</i>	19.90	0.00	179.50	28.62
2 月雨量	<i>Feb RAIN FALL</i>	21.22	0.00	100.60	23.71
3 月雨量	<i>Mar RAIN FALL</i>	25.39	0.00	181.20	33.22
4 月雨量	<i>Apr RAIN FALL</i>	64.69	0.00	300.10	67.51
5 月雨量	<i>May RAIN FALL</i>	160.33	2.00	727.00	124.94
6 月雨量	<i>June RAIN FALL</i>	381.92	10.00	1412.70	297.97
7 月雨量	<i>July RAIN FALL</i>	376.35	16.60	1038.20	218.52
12 月雨量	<i>Dec RAIN FALL</i>	20.46	0.00	158.00	33.48
5 月颱風次數	<i>May Number of Typhoons</i>	0.03	0.00	1.00	0.18
6 月颱風次數	<i>June Number of Typhoons</i>	0.13	0.00	1.00	0.34
7 月颱風次數	<i>July Number of Typhoons</i>	0.34	0.00	2.00	0.58
12 月颱風次數	<i>Dec Number of Typhoons</i>	0.01	0.00	1.00	0.11

資料來源：本研究整理



二、追蹤資料實證分析

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，彈性估計結果及損失函數估計結果參閱表 3-5 及表 3-6，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，且水稻開花期對於高溫最為敏感，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°C 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受粉不利，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，我國芒果栽培主要集中於南部地區，夏季多雨適宜其營養生長（張明聰、陳清義，1991）。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，需要一段時間的低溫及乾燥，15°C 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



問損失產量越高，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 3-5 彈性估計結果

顯著變數	邊際效果	彈性
12月溫度	-31594.73	-21.59
2月溫度	20614.46	14.09
4月溫度	-39032.11	-26.67
1月份雨量	84.8	1.15
2月份雨量	59.46	0.86
5月份雨量	-9.9	-1.08
12月份氣壓	-866.94	-602.11
12月份風速	1580.32	3.78

資料來源：本研究整理

表 3-6 損失函數估計結果(1/2)

變數	變數代號	變數係數 (標準差)
R ²		0.449
虛擬變數		
臺南	TAINAN	8385.35 * (4714.64)
高雄	KAOHSIUNG	11988.20 ** (5633.46)
自變數		
1 月氣壓	Jan PRESSURE	78.22 (706.99)
2 月氣壓	Feb PRESSURE	299.73 (596.61)
3 月氣壓	Mar PRESSURE	329.85 (844.34)
4 月氣壓	Apr PRESSURE	593.04 (1116.99)
5 月氣壓	May PRESSURE	-925.26 (798.41)
6 月氣壓	June PRESSURE	-276.69 (509.32)
7 月氣壓	July PRESSURE	-561.16 (472.09)
12 月氣壓	Dec PRESSURE	-866.94 * (522.302)
1 月溫度	Jan AIRTEMPERATURE	20887.81 (17697.25)
2 月溫度	Feb AIRTEMPERATURE	20614.46 * (11927.70)
3 月溫度	Mar AIRTEMPERATURE	9924.584 (14076.93)
4 月溫度	Apr AIRTEMPERATURE	-39032.11 * (19814.05)
5 月溫度	May AIRTEMPERATURE	33451.3 (25945.58)
6 月溫度	June AIRTEMPERATURE	12326.22 (29516.04)
7 月溫度	July AIRTEMPERATURE	-29638.68 (36723.17)
12 月溫度	Dec AIRTEMPERATURE	-31594.73 ** (13428.71)

表 3-6 損失函數估計結果(2/2)

變數	變數代號	變數係數 (標準差)
自變數		
1 月風速	<i>Jan WIND SPEED</i>	-335.84 (1490.44)
2 月風速	<i>Feb WIND SPEED</i>	1160.40 (1367.48)
3 月風速	<i>Mar WIND SPEED</i>	469.65 (1931.40)
4 月風速	<i>Apr WIND SPEED</i>	-585.05 (2278.54)
5 月風速	<i>May WIND SPEED</i>	497.62 (2799.72)
6 月風速	<i>June WIND SPEED</i>	-64.49 (1954.58)
7 月風速	<i>July WIND SPEED</i>	-520.70 (1988.32)
12 月風速	<i>Dec WIND SPEED</i>	1580.32 * (954.22)
1 月雨量	<i>Jan RAIN FALL</i>	84.80 *** (25.04)
2 月雨量	<i>Feb RAIN FALL</i>	59.46 * (31.13)
3 月雨量	<i>Mar RAIN FALL</i>	3.36 (20.31)
4 月雨量	<i>Apr RAIN FALL</i>	-8.39 (10.28)
5 月雨量	<i>May RAIN FALL</i>	-9.90 ** (4.70)
6 月雨量	<i>June RAIN FALL</i>	-1.83 (2.48)
7 月雨量	<i>July RAIN FALL</i>	2.06 (2.90)
12 月雨量	<i>Dec RAIN FALL</i>	-19.25 (17.71)
5 月颱風次數	<i>May Number of Typhoons</i>	-2077.60 (2884.67)
6 月颱風次數	<i>June Number of Typhoons</i>	697.64 (2720.04)
7 月颱風次數	<i>July Number of Typhoons</i>	-382.40 (1008.03)
12 月颱風次數	<i>Dec Number of Typhoons</i>	4927.61 (4832.04)

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。

第四章 氣候災害調適策略



本章主要先回顧台灣目前在面對氣候變遷之挑戰下所規劃的調適政策架構與農業部門所採用之調適策略，接下來將針對芒果的氣象災害與可能的影響提出一些調適策略之建議。

第一節 我國氣候變遷調適政策現況與實施重點

一、我國調適政策相關計畫（行政院環境保護署，2019、2020a、2020b；國家發展委員會，2014）

民國 86 年底聯合國召開氣候變化綱要公約第 3 次締約國大會（COP3）後，簽訂京都議定書，締約國約定於民國 94 年正式生效。我國雖然不是締約國，但也將溫室氣體減量納入國家的永續發展與能源政策中。於民國 99 年由國家發展委員會成立「規劃推動氣候變遷調適政策綱領及行動計畫」專案小組，101 年核定「國家氣候變遷調適政策綱領」，其內容為落實國土管理與規劃，強化避災與防災能力，積極推動執行流域綜合治理，優先辦理氣候變遷的高風險區域及全面提高都會區域的調適防護能力。

依據 103 年核定之「國家氣候變遷調適行動計畫（102-106 年）」，台灣將調適行動劃分為災害、維生基礎設施、水資源、土地使用、海岸、能源供給及產業、農業生產及生物多樣性、以及健康 8 個領域，作為政府各部門推動調適工作之主要依據，由環保署負責來推動「國家氣候變遷調適行動方案（107-111 年）」，並透過定期公布調適成果或風險評估報告，持續滾動檢討，確保國家永續發展。

於民國 102 年至 109 年之間，我國政府分別通過《溫室氣體減量及管理法》、《海岸管理法》、《濕地保育法》、《國土計畫法》、《水利法》及《國土計畫法修正

草案》，將氣候變遷調適工作納入法規條文，奠定因應氣候變遷之法制基礎，參閱圖 4-1。其中《濕地保育法》及《海岸管理法》為保護、防護、利用及管理我國國土、生態及海域，《溫室氣體減量及管理法》納管二氧化碳等七種溫室氣體，制定臺灣減量目標、權責及對策，也同時修正水利法新增章節部分，納入土地利用、流域治理、逕流分擔出流管制等業務，讓調適策略成為政府政策主流，並透過國際合作，共同落實國家氣候變遷的調適行動。



圖 4-1 臺灣氣候變遷調適相關法規圖

資料來源：行政院環保署臺灣氣候變遷調適平臺（2020）



二、因應氣候變遷我國農業調適策略（行政院，2017；行政院農業委員會，2014、2016、2018；行政院環境保護署，2020a）

農業生產是高度依靠環境的生物性產業，並直接面對氣候的影響。圖 4-2 中顯示在氣候變遷趨勢明顯下，將發生颱風頻率及強度增加、溫度升高、海平面上升、豐枯水期降雨不均、極端氣候頻率持續增加的情況，造成農作物栽種常產生災害損失、品質低落、危及國家糧食安全，生態原生地受破壞，使生物多樣性產生變化等衝擊。此節針對我國農業生產之氣候變遷調適策略做彙整說明：

1. 農地資源管理與利用措施

配合國土計畫推動適地適作發展與環境親合之耕作制度，如農地資源空間規劃、農地資源盤查與應用及農業經營專區等工作，提高農業經營效率，產業整合及轉型升級的施政目標，維護整體農業資源、確保糧食安全及達到氣候變遷調適之目的。說明如下：

（1）協助地方政府依國土計畫劃設準則，辦理農地資源盤整及農地脆弱度評估，導入氣候變遷因子規劃農產業空間，並建構農地調適策略，利於農業生產規模化及有效率之經營。

（2）全面盤查農地數量、實際從事農業生產使用或建築使用態樣之區位及面積等作業，並建置農業及農地資源盤查結果查詢平臺提供各界應用。

（3）建立縣市農地資源空間規劃，融合優良農地之整合加值利用及集團產區之契作契銷作法，建立農業經營專區之創新經營輔導模式，並培育農民團體跨域整合及創新經營管理人才之農地整合加值利用。

2. 水資源運用措施

落實現代化節水設施與旱作管路灌溉，提升灌溉用水效率，並訂定水資源於估水時期整體調度應變、維持農作物生產、降低對農業的衝擊。改善農田水利設施及強化農業用水調蓄設施，全面提升水資源利用效率與增加經濟效益。



3.農地利用措施與資源管理

合理規劃農地資源並確保優良農地，針對優質農地施行較高強度之管制條件，以保護農民權益及農業生產環境之完整，維護優良農地資源，增進農業之永續發展，並確保糧食安全。

4.農業生產規劃措施

活化休耕農地並開發農田多元利用方式，推動規模化產銷專區，提高經營效率與調適氣候變遷之能力。依風險程度建立糧食安全體系，並加強生產資源合理規劃利用，加強耐逆境之育種，及提升育種效率。維持適量農地且適地適種，以達農地資源的有效開發利用。

5.整合科技提升抗逆境能力措施

強化農糧產業研究發展抗逆境能力，建立抗逆境品種研發應用及預警模式與緊急因應系統；開發有害生物整合性防治方法，擬定減輕衝擊之對策並積極研發，結合氣象與經濟市場模式，預測氣候變遷對主要產業及農作物生產之影響程度。

6.建立農業氣象及國內外市場變動之監測評估系統

建立氣象、生產、與市場預測，強化氣候變遷調適之基礎資料，建立監測與預警制度，以提供農作物氣象災害發生機率訊息，並強化國內外產銷動態資訊，規定監測與預警制度，以維持國內產量與價格之穩定。

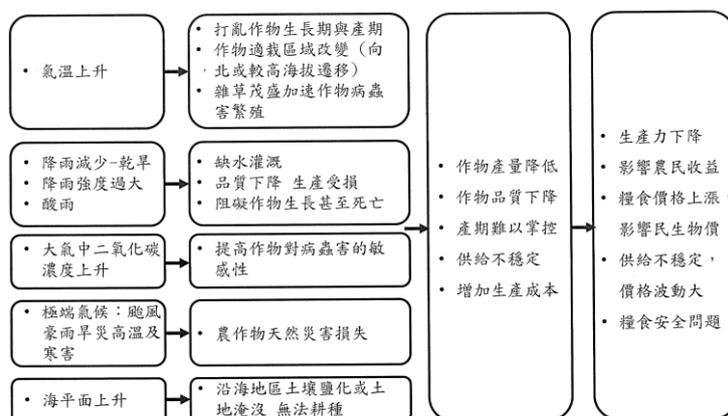


圖 4-2 農業生產領域各系統之脆弱度與影響評估關聯圖

資料來源：行政院農業委員會農業生產與生物多樣性領域行動方案 102-106 年 (2014)



第二節 芒果因應氣象災害之調適策略

本文從第三章節之實證分析結果發現，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。

由表 4-1 所示，在溫度顯著變數部分，12 月及 4 月的低溫會造成損失，2 月的高溫會有損失產生，在雨量顯著變數部分，1 月及 2 月的降雨量會造成損失，5 月的降雨會減少損失，12 月的氣壓降低會產生損失，12 月的風速增強會有損失產生，本節將依據上述研究結果提出以下因應之調適策略：

表 4-1 損失函數估計之顯著變數說明

變數	係數	彈性	說明
12 月溫度	-31594.73	-21.59	12 月溫度升高與損失產量成反比，溫度增加 1%，損失產量減少 21.59%
2 月溫度	20614.46	14.09	2 月溫度升高與損失產量成正比，溫度增加 1%，損失產量增加 14.09%
4 月溫度	-39032.11	-26.67	4 月溫度升高與損失產量成反比，溫度增加 1%，損失產量減少 26.67%
1 月雨量	84.8	1.15	1 月雨量增多與損失產量成正比，雨量增加 1%，損失產量增加 1.15%
2 月雨量	59.46	0.86	2 月雨量增多與損失產量成正比，雨量增加 1%，損失產量增加 0.86%
5 月雨量	-9.9	-1.08	5 月雨量增多與損失產量成反比，雨量增加 1%，損失產量減少 1.08%
12 月氣壓	-866.94	-602.11	12 月氣壓升高與損失產量成反比，氣壓增加 1%，損失產量減少 602.11%
12 月風速	1580.32	3.78	12 月風速增強與損失產量成正比，風速增強 1%，損失產量增加 3.78%

資料來源：本研究整理



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 (潘穆嫻、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，活用森林資源，並透過植林減碳，提升森林減緩溫室效應的效能，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，了解風險位置及風險程度，將芒果種植具體綜合規劃，使農民在種植果品時能配對到適宜的地形環境，增加種值效益減少災害威脅。
- (五)建立氣象防災減災法規，強化氣象防災減災標準及規定，積極制訂及進行災害普查、評估、災情收集等相關工作，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



開高危險的 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，其作用有助提升作物品質，降低作物罹病率。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，因此每年遭颱風及落山風的吹襲，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。所以在選擇設施類型方面，設施的規劃、材質、地點與方式、甚至於經濟效益評估等，都必須充分瞭解評估，才能達到防災減災，又可增加種植的經濟效益。

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，行政院農委會除辦理家畜保險外，自 104 年起以商業性保險模式試辦農作物天然災害保險，主要目的是透過保險機制來提高農業經營之保障，使農民面對氣候變遷的挑戰時能藉由農業保險機制來分散風險。立法院於民國 109 年 5 月 12 日三讀通過農業保險法，該法為新立之專法，其中明定政府對農保補助前 5 年之補助金額比率最高為 75%；施行第 6 年起，以補助金額 60% 為上限。



目前我國芒果農作物保險試辦有「政府災助連結型」及「區域收穫型」兩類型。「政府災助連結型」承保颱風、豪雨及寒害等三大天然災害，其方式是與政府災害救助辦法連結，若符合政府農業天然災害現金救助資格時，無須現地勘損，保單將依約按政府核定之受害面積來計算理賠金額。「區域收穫型」是以區域收穫量做判斷，不需進行個別農民勘損，而是依農作物收穫量短缺計算理賠金額，當農作物實際收穫量無法達到保證收穫量時即可申請理賠，但限定臺南市楠西區、南化區、玉井區、左鎮區方可承保。

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，農民可建立穩定財務信用及資本累積，對未來農業長期發展是有助力的。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，保險公司是没有賠償責任的。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，災害是我們必需面對解決的重要課題，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，影響作物產量的風險因子也很多，因此，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，風險的量化為整個管理過程重要主成部分，亦是操作風險管理決定性環節（王叶琰，2010），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。

第五章 結論與建議



第一節 結論

氣候變化對人類社會的影響日漸顯著，影響表現在自然、社會、經濟、政治等各方面，其中人類生存依靠糧食，糧食來自農業，而如何保持農業生產的穩定性與持續性是農業發展的核心目標。從作物生長原理來看，農作物產量除了受品種因素、技術影響，另一項重要的條件就是氣候因子。本研究係以颱風、豪雨、寒流及乾旱四大農業氣象災害對芒果產量造成之影響為對象，蒐集民國 78 年至民國 107 年間共計 90 筆觀察值，進行芒果產量損失函數之估計，進一步分析致災關鍵月份之氣象因子，並提出調適策略之建議。茲將主要研究發現整理歸納如下：

一、芒果損失函數分析結果

運用本研究已建立芒果損失函數，可針對農業氣象災害發生前進行損失預測，並了解可能的衝擊強弱及來源。以下就溫度、雨量、氣壓、風速等 4 項氣象因子分述研究發現。

(一)溫度部分

芒果生長期中，溫度影響產量較為顯著的月份為 12 月、2 月及 4 月。當 12 月溫度上升 1%，損失產量減少 21.59%；2 月份溫度上升 1%，損失產量增加 14.09%；4 月溫度上升 1%，損失產量減少 26.67%。若對照芒果生長特性，每年 12 月至隔年 3 月間是花芽分化及開花期，低溫將降低成花比例導致授粉困難，高溫將造成稔實率不佳，因此冬季裡的溫度異常是芒果生產最大的風險。綜合以上，芒果於生育期明顯受到溫度影響，過高或是過低的溫度均會使損失產量增加，故每個生育階段都要供應適宜溫度才能順利生長。



(二)雨量部分

雨量影響產量較顯著的月份為 1 月、2 月及 5 月。當 1 月雨量增加 1%，損失產量增多 1.15%；2 月雨量增加 1%，損失產量增多 0.86%；5 月雨量增加 1%，損失產量減少 1.08%。因為芒果開花期介於 12 月至 3 月之間，在此期間如遇降雨則對授粉不利，容易誘發病菌的侵襲，造成枯花和落果，5 月果實發育期，則適當的雨量可增進果實生長發育。

(三)氣壓部分

氣壓影響產量較顯著的月份在 12 月。當氣壓上升 1%，損失產量減少 602.11%，原因是 12 月為花序分化和開花期，高氣壓造成的低溫可誘導芒果花芽形成，本研究於 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。

(四)風速部分

風速影響產量較顯著的月份在 12 月。當風速增加 1%，損失產量增加 3.78%，原因是 12 月為花序分化和開花期，強風會造成花芽受損。

二、建立芒果產量定量管理

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，發生颱風災害筆數為 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 億元略高於颱風災害的損失金額 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。

其次如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。

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法相似結果，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。

第二節 建議

從本研究計量分析結果顯示，因為芒果開花期為生育週期中之高風險期，在此期間對溫度及雨量極為敏感，為了穩定芒果產量，必須強化調適作為，以進一步降低氣象災害造成芒果損失之風險，從建立承災能力、災前防範及災後保險，建構完整芒果氣候災害調適能力。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，了解風險位置及風險程度，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，其有助提升作物品質，降低作物罹病率，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。

第三節 研究限制

以下兩點為本文所提出之研究限制以及建議後續研究方向：

一、農損金額估算失真問題

影響農損金額統計主要有法規規定及人員執行二項因素，這兩項因素皆可能造成農損金額估算失真。首先，農損之估算是依據《農業天然災害救助



辦法》第二章第九條³為之，或許為加速救助金的發放，救助辦法中的農作物損失估算方法太過於簡化，僅從判斷是否可復耕或轉作來計算短期、當期和長期作物之損失金額，將使農損統計精準度失真。其次，在人員實際執行上也衍生許多爭議使農損統計失真。例如，災害救助經費之來源為中央補助，地方政府並無財政壓力，因此查估上易發生地方官員為爭取選民支持，要求從寬認定，形成地方請客，中央買單現象；又如，農作物在不同生育階段遭受天然災害，由於初始災損未立即顯現，容易引發遲發性災損之爭議，受災後又因鑑識人員鑑定落差或基層人員未落實勘查與抽查作業等原因，造成農損金額估算失真(林美瑄·王鎬杰，2012)。上述問題皆可能會導致資料分析的誤差，後續研究者須注意。

二、微氣候氣象資料有待建立

氣象災害是影響農作物產量的主要因子，本研究已從大氣溫度、雨量、氣壓、風速等氣象變因，完成氣象災害對芒果生產傷害之評估，但是芒果生長還受到種植場地的微氣候所影響，因此為了更精準擬定出因應調適策略，未來必須藉由收集種植場地微氣候資料，進一步掌握種植環境之氣象特性，並連結芒果之相關資訊，建立可靠的作物模型，來進行模擬氣象災害對作物之影響，才能更有效評估氣候變遷對芒果造成之衝擊。

³農業天然災害救助辦法第二章第九條:農作物損失估算如下:短期性作物在當期作尚能復耕或轉作且有收穫者，其損失金額以生產總費用之50%估算;如在當期作無法復耕或轉作者，以生產總費用扣除採收工資估算;長期性作物受災後無收穫者，其損失金額以成園費用估算;受災時有收穫物或當年可收穫者，以生產總費用扣除採收工資估算。(農業天然災害救助辦法，2020)

參考文獻



- 中華經濟研究院，2015。「臺灣國土各區域容受力分析與調適策略研擬成果報告書」。臺北：內政部營建署城鄉發展分署。
- 王叶琰，2010。「商業銀行操作風險及其量化管理」，《價值工程》。第 190 期，44-45。
- 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。
- 交通部中央氣象局，2020。「中央氣象局全球資訊網知識與天文」，
(<https://www.cwb.gov.tw/V8/C/K/announce.html>)(2020/06/15)。
- 朱蘭芬、陳永明、張靜貞，2012。「颱風與臺灣稻作損失關聯之探究」。臺北：行政院交通部中央氣象局。
- 朱蘭芬、陳吉仲、陳星瑞，2007。「台灣稻米損失函數之估計及其天然災害保險費率之計算」，《農業經濟叢刊》。13 卷，1 期，37-67。
- 行政院，2017。「災害防救白皮書」。臺北：行政院。
- 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。
- 行政院農業委員會，2014。「農業生產與生物多樣性領域行動方案 102-106 年」。臺北：行政院農業委員會。
- 行政院農業委員會，2016。「因應氣候變遷我國農業之調適策略」，《農政與農情》。第 285 期，6-9。
- 行政院農業委員會，2018。「整合資源，建構強韌永續農業」，《農政與農情》。第 313 期，6-11。
- 行政院農業委員會，2020。「芒果主題館網站」，
(<https://kmweb.coa.gov.tw/subject/index.php?id=19>) (2020/01/15)。
- 行政院農業委員會，2020。「農業統計資料查詢網站」，
(<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/trade/tradereport.aspx>) (2020/06/10)。



行政院環境保護署，2019。『國家氣候變遷調適行動方案（107-111年）』。臺北：

行政院環境保護署。

行政院環境保護署，2020。「氣後變遷生活網」，(<https://ccis.epa.gov.tw/know/English>)

(2020/05/20)。

行政院環境保護署，2020。「臺灣氣候變遷調適平臺」，

(<https://adapt.epa.gov.tw/TCCIP-1-D/TCCIP-1-D-10.html>) (2020/06/20)。

吳宗堯、陳正改，1978。「臺灣北部地區豪雨特性之分析」，《氣象預報與分析》。

第 77 期，15-30。

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。

李雪如，2015。「愛文芒果栽培管理技術」，《高雄區農技報導》。第 126 期，3-12。

李雪如、周浩平，2016。「氣候異常 芒果花期亂 畸形花日趨普遍」，《高雄區農情

月刊》。第 222 期，2。

李雪如、陳思如、周國隆、李承翰，2011。『行政院農業委員會高雄區農業改良場

100 年度科技計畫研究報告』。臺北：行政院農業委員會高雄區農業改良場。

周慧玲，2005。「損失函數在評估環境風險上之應用研究」。碩士論文，國立成功

大學統計學系。

宗志宇、何楨、孔祥芬，2007。「噪聲因子存在下的多響應參數設計的優化」，《工

業工程》。10 卷，6 期，127-130。

林美瑄、王鎬杰，2012。「農業天然災害救助爭議之態樣及機制檢討」。《農政與農

情》。第 243 期，68-73。

林慧玲、倪鈺林、吳承軒，2018。「臺灣重要經濟果樹防災栽培曆之應用」，《農業

氣象災害技術專刊-農業試驗所特刊》。第 210 號，33-40。

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。

- 
- 邱國棟、李文立，2012。「臺灣芒果產業發展研討會專刊」，《農業試驗所特刊》。168 期，9-20。
- 洪致文、施明甫，2017。「臺灣氣象乾旱指數的建立與嚴重乾旱事件分析」，《大氣科學》。45 卷，2 期，145-165。
- 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。
- 國家發展委員會，2014。『國家氣候變遷調適行動計畫 102-106 年』。臺北：國家發展委員會。
- 張本岳，1994。「臺灣沖蝕防治社會福利之分析--損害函數之應用」。碩士論文，國立中興大學農業經濟系研究所。
- 張明聰、呂俊堅，1995。「土壤含水量對芒果生育、產量及品質之影響」，《臺南區農業改良場研究彙報》。第 32 期，45-55。
- 張明聰、陳清義，1991。「土壤水分條件影響芒果生理特性之研究」，《中國園藝》。37 (2)，100-113。
- 張致盛、陳怡靜、張林仁，2009。「臺灣果樹農業氣象災害與因應策略」，《作物、環境與生物資訊》。6 卷，1 期，61-71。
- 張梅芳、陳守智、陳曦，2009。「雲南芒果種植氣候生態適應性的統計分析」，《黑龍江農業科學》。2009 卷，1 期，68-69。
- 張錦興，2017。「芒果產期調節研究發展與產業調適」，《臺中區農業改良場特刊》。134 號，131-140。
- 張耀聰，2016。「愛文芒果採收後的施肥及水管理」，《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。臺南市：行政院農業委員會臺南農改場。

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。

陳正改，1974。「中國東南沿海地區冷鋒移動速度及其伴生天氣之研究」。碩士論
文，私立中國文化學院地學研究所氣象組。

陳正改，1983。「臺灣梅雨期之降水特性及其雨量預測」，《臺灣水利》。31 卷，1
期，38-64。

陳正改，2011。「臺灣的氣象災害與防災策略」，《中華防災學刊》。3 卷，2 期，
120-132。

陳立欣，2006。「裨益農耕、造福桑梓的農業氣象」，《臺灣林業》。32 卷，5 期，
73-79。

陳宗禮，2009。「作物之生長調控」，發表於花卉健康管理研討會。臺中：行政院
農業委員會農業試驗所。

陳建興，2011。「以追蹤資料分析影響臺灣塑膠產業資本結構因子」。碩士論文，
國立中興大學高階經理人班。

黃允成、謝雅惠，2016。「考量選別檢驗計劃下製造商最佳投資方案之研究」，《先
進工程學刊》。11 卷，3 期，139-147。

黃和炎、劉銘峰，1998。「作物合理化施肥(果樹篇)」，《臺南區農業改良場特刊》。
第 3 號，10-13。

黃惠琳、陳萬福，2000。「芒果之產銷結構調整」，《臺中區農業改良場特刊》。第
47 號，101-110。

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。

楊純明，2010。「農業氣象災害之因應策略」，《作物、環境與生物資訊》。7 卷，1
期，63-71。



經濟部水利署，2016。『水利署電子報』，第 0179 期。臺北，經濟部水利署。

(http://epaper.wra.gov.tw/Epaper_Content.aspx?s=239B92A4240AF4A1)

(2020/01/30)。

廖春梅，1989。《臺灣芒果調查報告》。臺北：行政院農業委員會。

潘以甜，2017。「雲嘉南地區水稻災損數據之診斷分析與未來推估」。碩士論文，

臺灣師範大學地理學系。

潘浙楠、李婉瑜，2006。「修正型損失函數在制定經濟工程規格上之應用研究」，《品質學報》。13 卷，3 期，241-256。

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。

閻鐵民，2006。「製程能力分析的探討—損失函數模式」，《品質月刊》。42 卷，5 期，62-65。

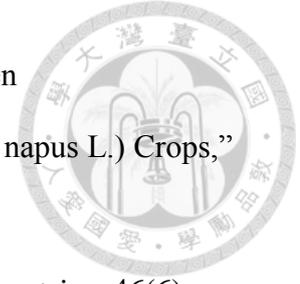
Baltagi, B. H., 2005, *Econometric Analysis of Panel Data*, 3rd Edition, New Jersey: John Wiley and Sons.

Breusch, T. S. and A. R. Pagan, 1980. "The Lagrange Multiplier Test and Its Applications to Model," *The Review of Economic Studies*. 47(1): 239-253.

Esperanza, D., P., Gilangsari, Rasmikayati, E., Qanti, S., and Yuwariah, Y., 2018, "Adaptation Behavior of Mango Farmers to Climate Change," *Journal of Manajement & Agribusiness*. 15(3) : 268-279.

Gau, H. S. and C. W. Liu, 2002. "Estimation of the Optimum Yield in Yun-Lin area of Taiwan Using Loss Function," *Journal of Hydrology*. 263: 177-187.

Granger, C.W.J. , 1999. "Outline of Forecast Theory Using Generalized Cost Functions", *Spanish Economic Review*. 1: 161-173.



- Hansen, L.M., 2004. "Economic Damage Threshold Model for Pollen Beetles(*Meligethes aeneus* F.) in Spring Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) Crops," *Crop Protection*. 23: 43-46.
- Hausman, J. A. ,1978. "Specification Tests in Econometrics," *Econometrica*. 46(6): 1251-1272.
- Hsiao, C., 2003. *Analysis of Panel Data*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hsu,S.-H., 1981." The Characteristics of Geographical Distribution for Air Temperature in the Southwestern Taiwan" *Journal of Chinese Soil and Water Conservation*. 12: 93-101.
- 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.
- Klevmarken, N.A.,1989, "Panel Studies:What Can We Learn from Them? Introduction," *European Economic Review* 33: 523-529.
- Larsson, H., 2005. "A Crop Loss Model and Economic Thresholds for the Grain Aphid,*Sitobion avenae* (F.), in Winter Wheat in Southern Sweden," *Crop Protection*. 24: 397-405.

Lin W.T. , 1998. "Reacting Counter-Measures of Flood and Drought on Agriculture,"

Scientia Agricola. 46(1, 2): 77-84.

Rajarajeswari, N. V. L. and K. Muralidharan, 2006. "Assessments of Farm Yield and

District Production Loss from Bacterial Leaf Blight Epidemics in Rice," *Crop*

Protection. 25(3): 244-252.

Wilhite, D. and M. Glantz, 1985. "The Drought Phenomenon: The Role of Definitions,"

Water International. 10(3): 111-120.

Zhang, J., 2004. "Risk Assessment of Drought Disaster in the Maize-Growing Region

of Songliao Plain, China," *Agriculture Ecosystems and Environment*. 102: 133-153.