

國立臺灣大學生物資源暨農學院農業經濟研究所



碩士論文

Department of Agricultural Economics
College of Bio-resources and Agriculture
National Taiwan University
Master Thesis

颱風對於臺灣香蕉災損的關鍵因子分析與調適策略

Critical Factors of Typhoon Disasters on Banana
Production and Adaptation Strategies in Taiwan

毛宏歲

HONG-WEI MAO

指導教授：張靜貞 博士

Advisor: Ching-Cheng Chang, Ph.D.

中華民國 111 年 6 月

June, 2022

國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書



颱風對於臺灣香蕉災害的關鍵因子分析
與調適策略
Critical Factors of Typhoon Disasters on Banana
Production and Adaptation Strategies in Taiwan

本論文係毛宏崑君(學號 R09627014)在國立臺灣大學生農學院農業經濟學所完成之碩士學位論文，於民國 111 年 6 月 29 日承
下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

指導教授： 張靜貞 (簽名)

口試委員： 許文科 (簽名)

陳淑玲

誌謝



時光飛逝，很快兩年的碩士生涯即將邁入尾聲，驀然回首才發現心中有滿滿的不捨，回想起來都是快樂的回憶，感謝這兩年讓我可以完成這個研究的一切，希望這篇論文能為未來有興趣繼續研究這個議題，或是想要設計農業保險保單的人，提供一點幫助。

在這兩年中，我深刻體悟到，學習不應只是記住課本上的文字，更應身體力行，要去學習如何在理論與實務之間取得平衡，才能夠讓自己更加貼近現實的情況，以便更準確的解決問題，在實際撰寫論文之後，對於學習一事也有了更進一步的認識。

謝謝張靜貞老師，指引我論文的方向與協助我解決研究上會遇到的各種問題，也感謝您讓我加入研究團隊，透過參與部份的研究計畫，讓我有機會從各個不同領域的專家身上學習，也很感謝擔任口試委員的許文科老師與陳淑玲老師所提供的寶貴建議，讓這篇碩士論文更加完備與充實。

這兩年是我人生中最充實的日子，很感謝一路支持我的家人，因為有你們的付出，讓我可以心無旁騖地完成學業，也很感謝朋友的鼓勵，讓我有信心繼續堅持下去，能一路順利的走到現在都是你們的功勞。

在即將要結束的校園生活，不免會有一絲留念，但這並不代表一切的結束，而是一個新的開始，我將進入人生新的階段，新的旅程即將要開始，站穩腳步，繼續努力朝向新的目標邁進。

毛宏崑 謹誌於

臺灣大學農業經濟研究所

中華民國一一一年七月

摘要



臺灣農業氣象災害中對於香蕉產量影響最大的來自颱風，香蕉為我國種植面積第二大的水果，在市場上具有極高的競爭優勢，為保障蕉農收益之穩定，政府近年來推出香蕉保險，因此，本研究蒐集全臺灣十七個縣市自 2009 年至 2018 年的資料，建立香蕉的颱風損失函數，探討災損之特性，研析受到颱風影響的主要致災因子。實證模型除考慮損失數量、損失面積、產量損率及面積損率四面向外，並區分雨量與風速門檻值對於損失之影響，計量分析結果發現，「單日最強降雨量」、「風速門檻值 20 公尺」與「最大瞬時風速」等 3 項颱風特徵對於香蕉損害有顯著的影響。

研究結果也顯示，因過去颱風都恰好與香蕉的生長期重疊，故損害以葉片受損和植株倒伏為主，需多加關注短時間強降雨和強風的影響，加強預警。颱風行徑以東部往西部居多，但東部的災損反而較西部為少，且中南部比北部嚴重，故必須加強承災的能力，包含調節產季與種植品種、增加防災措施與提升農民防災意識等，並適度調整香蕉植株保險之風速門檻值，以促進此保險計畫之推動。

關鍵字：颱風、最小平方估計法、風速門檻值、損失函數、農業保險

ABSTRACT



Among the agricultural meteorological disasters in Taiwan, typhoons have the greatest impact on banana production. Bananas are the second largest fruit in Taiwan and have a very high competitive advantage in the market. In order to ensure the stability of banana farmers' income, the government has introduced bananas insurance program in recent years. Therefore, this research collects data in 17 counties and cities from 2009 to 2018 in Taiwan, establishes the typhoon loss function of bananas, discusses the characteristics of disaster losses, and identifies the major risk factors from typhoon disasters. The empirical model not only considers the loss quantity, loss area, yield loss rate and area loss rate, but also distinguishes the influence of rainfall and wind speed threshold on losses. The empirical results indicate that "maximum rainfall per day", "20 meters wind speed per second", and "maximum instantaneous wind speed" are the three significant factors on banana damages.

The results also suggest that because the past typhoons happened to overlap with the growing period of bananas, the damage was mainly caused by leaf damage and plant lodging, and more attention should be paid to the impact of short-term heavy rainfall and strong winds. Most typhoons occur in the east to the west, but the disaster damage in the east is less than that in the west, and the central and southern parts are more serious than the north. Therefore, it is necessary to strengthen the ability of banana farmers to mitigate impacts from typhoon disasters, such as adjusting the production season and planting varieties, increasing disaster prevention measures, raising farmers' awareness on disaster prevention preparedness, and improving the wind speed thresholds design to promote the banana insurance program.

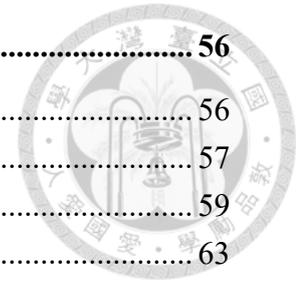
Keywords: Typhoon, Least Squares Method, Wind Speed Threshold, Loss Function, Agricultural Insurance

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 前言	1
第一節 研究動機	1
第二節 研究目的	2
第三節 研究架構	3
第二章 文獻回顧	5
第一節 香蕉的生長特性	5
第二節 香蕉災損之文獻回顧	8
第三節 災損模型之回顧	10
第四節 實務考量的因素	12
第五節 小結	14
第三章 臺灣香蕉之生產現況與災害分析	15
第一節 種植現況與地理分佈	15
第二節 天然災害損失之時空分佈狀況	19
第三節 颱風的氣候因素	29
第四節 小結	36
第四章 研究方法與資料處理	39
第一節 實證模型設定	39
第二節 變數設定	42
第三節 資料來源與處理	47
第四節 敘述統計	51
第五節 相關係數分析	53
第六節 小結	55

第五章	實證結果與分析	56
第一節	常態分配檢測	56
第二節	過去模型比較	57
第三節	颱風損失模型	59
第四節	小結	63
第六章	結論與建議	64
第一節	結論	64
第二節	建議	67
參考文獻		71
附錄		74
附錄一	歷年颱風損害統計	74
附錄二	各縣市颱風損害統計	78
附錄三	颱風氣候因素統計	82
附錄四	相關性統計	88
附錄五	雨量分析	92
附錄六	風速分析	96



圖目錄



圖 1-1 研究流程圖.....	4
圖 2-1 臺灣香蕉種植比例分佈圖.....	7
圖 3-1 2020 年臺灣香蕉區域之種植面積百分比.....	17
圖 3-2 近 12 年臺灣香蕉區域之種植面積趨勢.....	17
圖 3-3 2020 年各地區之香蕉收穫量百分比.....	18
圖 3-4 颱風事件月份統計.....	20
圖 3-5 2009 年至 2018 年颱風損失數量與損失面積四分位圖.....	23
圖 3-6 2009 年至 2018 年颱風產量損率與面積損率四分位圖.....	24
圖 3-7 各地區颱風受損量比例.....	25
圖 3-8 2009 年至 2018 年各縣市颱風產量損率與面積損率四分位圖.....	28
圖 3-9 2009 年至 2018 年各颱風單日最強雨量四分位圖.....	30
圖 3-10 2009 年至 2018 年各縣市颱風單日最強雨量四分位圖.....	30
圖 3-11 2009 年至 2018 年各颱風總累積雨量四分位圖.....	31
圖 3-12 2009 年至 2018 年各縣市颱風總累積雨量四分位圖.....	32
圖 3-13 2009 年至 2018 年各颱風最大瞬時風速四分位圖.....	33
圖 3-14 2009 年至 2018 年各縣市颱風最大瞬時風速四分位圖.....	33
圖 3-15 2009 年至 2018 年臺灣颱風強度比例.....	35
圖 3-16 各地區颱風單日最強雨量趨勢圖.....	37
圖 3-17 各地區颱風總累積雨量趨勢圖.....	37
圖 3-18 各地區颱風最大瞬時風速趨勢圖.....	38
圖 4-1 臺灣颱風路徑統計圖.....	46
圖 4-2 最大瞬時風速次數分配圖.....	49

表目錄



表 2-1 過去天災研究之文獻整理.....	9
表 2-2 災損模型之整理.....	11
表 2-3 香蕉農業保險.....	12
表 2-4 現行臺灣颱風指數農業保險.....	13
表 2-5 災損評估相關之變數.....	14
表 3-1 2009 年至 2020 年臺灣香蕉種植面積之區域別統計.....	16
表 3-2 2009 年至 2020 年臺灣香蕉收穫量之區域別統計.....	18
表 3-3 2009 年至 2020 年香蕉天然災害損失統計表.....	19
表 3-4 臺灣香蕉生長期與颱風月份分佈圖.....	20
表 3-5 2009 年至 2020 年歷年香蕉颱風產量損率與損失比重.....	21
表 3-6 2009 年至 2020 年各縣市香蕉颱風產量損率與損失比重.....	26
表 3-7 最大瞬時風速次數分配表.....	34
表 3-8 歷年颱風近臺最低氣壓敘述統計.....	35
表 4-1 變數設定.....	42
表 4-2 颱風風速門檻值.....	49
表 4-3 損失模型變數之敘述統計.....	51
表 4-4 相關係數相關性之參考值.....	53
表 5-1 損失數量與產量損率模型結果.....	60
表 5-2 損失面積與面積損率模型結果.....	62
附表 1-1 歷年颱風香蕉損失數量統計.....	74
附表 1-2 歷年颱風香蕉損失面積統計.....	75
附表 1-3 歷年颱風香蕉產量損率統計.....	76
附表 1-4 歷年颱風香蕉面積損率統計.....	77
附表 2-1 各縣市總損失數量統計.....	78
附表 2-2 各縣市總損失面積統計.....	79
附表 2-3 各縣市產量損率統計.....	80
附表 2-4 各縣市面積損率統計.....	81
附表 3-1 歷年颱風單日最強雨量統計.....	82
附表 3-2 各縣市颱風單日最強雨量統計.....	83
附表 3-3 歷年颱風總累積雨量統計.....	84
附表 3-4 各縣市颱風總累積雨量統計.....	85
附表 3-5 歷年颱風最大瞬時風速統計.....	86
附表 3-6 各縣市颱風最大瞬時風速統計.....	87
附表 4-1 損失數量與解釋變數之 Pearson 相關係數表.....	88
附表 4-2 損失面積與解釋變數之 Pearson 相關係數表.....	89

附表 4-3 產量損率與解釋變數之 Pearson 相關係數表	90
附表 4-4 面積損率與解釋變數之 Pearson 相關係數表	91
附表 5-1 損失數量模型之雨量變數比較表	92
附表 5-2 損失面積模型之雨量變數比較表	93
附表 5-3 產量損率模型之雨量變數比較表	94
附表 5-4 面積損率模型之雨量變數比較表	95
附表 6-1 損失數量模型之風速門檻值比較表	96
附表 6-2 損失面積模型之風速門檻值比較表	98
附表 6-3 產量損率模型之風速門檻值比較表	100
附表 6-4 面積損率模型之風速門檻值比較表	102

第一章 前言



第一節 研究動機

臺灣位於東經 120 至 122 度與北緯 22 至 25 度，屬於熱帶與亞熱帶之間的一個海島國家。由於擁有優越的地理條件，加上適當的溫度與豐沛的雨量，符合大多數作物的生長條件，對於農業的發展有很大的幫助，因此能夠在 3.6 萬平方公里的土地上有著複雜且多元的作物種類。

近年在氣候變遷的影響下，臺灣的氣候變化程度極為明顯，從 1901 年至 2000 年上升約 1.3 度，導致氣候的變異性增加，亦使得極端氣候頻繁發生，對於農業生產是一大衝擊。據農委會農糧署 2006 年至 2021 年之統計，平均每年旱災損失約 3.5 億元，低溫損失約 4.6 億元，豪雨損失約 13 億元，而其中造成最嚴重損害的天然災害便是颱風，主要是因為臺灣正好位在颱風行經的路徑當中，對於農作物所造成的損失高達平均每年 75 億元（行政院農業委員會，2021）。

颱風為熱帶氣旋的一種，常發生在熱帶與副熱帶的一種自然災害，近年因氣候變遷的影響更使得颱風的威脅增加，幾乎每年都需要提防颱風造成的影響。（交通部中央氣象局，2021），隨氣候變遷使得天然災害發生機率與規模逐年上升，政府也推行農業保險作為因應措施，農委會於 2015 年開始推行高接梨保險，後續陸續推出木瓜、蓮霧等的農業保險，到了 2020 年更是推出了香蕉保險，在近年則是以天氣指數保險作為農業天災後（如寒害、風害與颱風等）的應對措施，尤其颱風相關的指數保險為目前政府大力推行的農業政策，這也都表示不論是政府或是農民，對於颱風防範的重視程度逐漸在提升。

香蕉作為臺灣主要果類作物之一，從 2009 至 2020 年種植面積與產量於十年間大致呈穩定趨勢，在果品裡除了檳榔外第二大種植面積的果物。在 2020 年總種植面積約為 1.7 萬公頃、產值約為新臺幣 614 萬元（行政院農業委員會，2020）是



臺灣很重要的經濟作物之一。

現行的颱風氣候指數保險，以颱風的最大風速與累積雨量，作為氣候條件作為保險理賠的基準，而截至目前為止，雖然有很多香蕉相關的園藝文獻及研究探討香蕉的生長特性，但對於颱風與生長條件之間之關聯性卻還尚未有明確的解釋，對於損失評估或是設計農業保單將會是一大阻礙，因此，本研究嘗試以颱風事件對於臺灣香蕉損害的影響為對象，找出影響香蕉生長的致災因子與其關聯性，並探討現行農業保險的施行狀況，以作為未來設計香蕉保險理賠基礎的參考依據。

第二節 研究目的

香蕉作為臺灣重要的外銷主力作物之一，因此在臺灣設有臺灣香蕉研究所專門從事品種研發、病蟲害防治、產業發展等之研究。但自臺灣蕉園出現黃葉病以來，香蕉產業受到嚴重威脅，導致蕉農收益及種植意願受到影響，故香蕉品種改良已選育抗病品種為主，並以矮性、抗風與豐產等為選育目標。相關之文獻則多半集中在與種苗、病蟲害相關之栽培管理技術面之研究成果，以統計模型進行產銷結構分析與預測的文章並不多見。

因此，本研究欲以統計的方式來驗證過去研究的結果，並氣象災害與產量的關係，而本研究為更加全面考慮颱風帶來損害的影響，研究目的如下：

- 一、釐清影響香蕉生長的外在環境因素。
- 二、以損失數量、損失面積、產量損率及面積損率建構損失函數，藉由四個面向全面瞭解颱風與香蕉損害之間的相關性與影響程度。
- 三、分析現行保險的實施狀況，依據本研究結果，提供現階段的應對措施以及未來香蕉保險的建議。



第三節 研究架構

一、 了解香蕉的生長特性與生長現況

透過過去文獻與研究報告，了解有關香蕉的生長週期、生長條件與近年的生長狀況。

二、 分析香蕉的農業災害事件

從過去的相關文獻中，找出使得香蕉生長可能受到阻礙或致災的因素，從過往的文獻或研究中整理並尋找可能之香蕉災損因素。

三、 模型的設計

從過往的文獻中，找出適合的災損推估模型，並根據香蕉的災損特性，設定香蕉的颱風災損模型。

四、 資料蒐集與整理

整理從農委會的災損資料與氣象局的氣象資料，並參考過去文獻中整理之致災因素，並從中篩選出針對颱風所造成損害的可能因素並加以分析。

五、 推估颱風對香蕉的損失模型

根據設計的香蕉災損模型，推估颱風對香蕉所造成的影響，作為衡量農業保險的依據，實證模型分析分為雨量分析與風速分析兩階段，以此為基礎建構出颱風損失模型。

1.雨量分析

目的在挑選出適當的雨量變數，比較單日強降雨和總累積降雨，何種變數較適合估計損失，並以此作為後續模型分析。



2.風速分析

目的在找出合適的風速門檻值，延續上階段分析，使用篩選出的雨量變數於模型中，並加入香蕉植株保險、農藝文獻與本研究之風速門檻值做比較，找出合適於香蕉的風速門檻值。

六、 提出建議與未來方向

透過研究結果，回顧過去實施的香蕉農業保險，以了解目前保險的實施狀況，提供農民防災以及未來農業保險的建議。

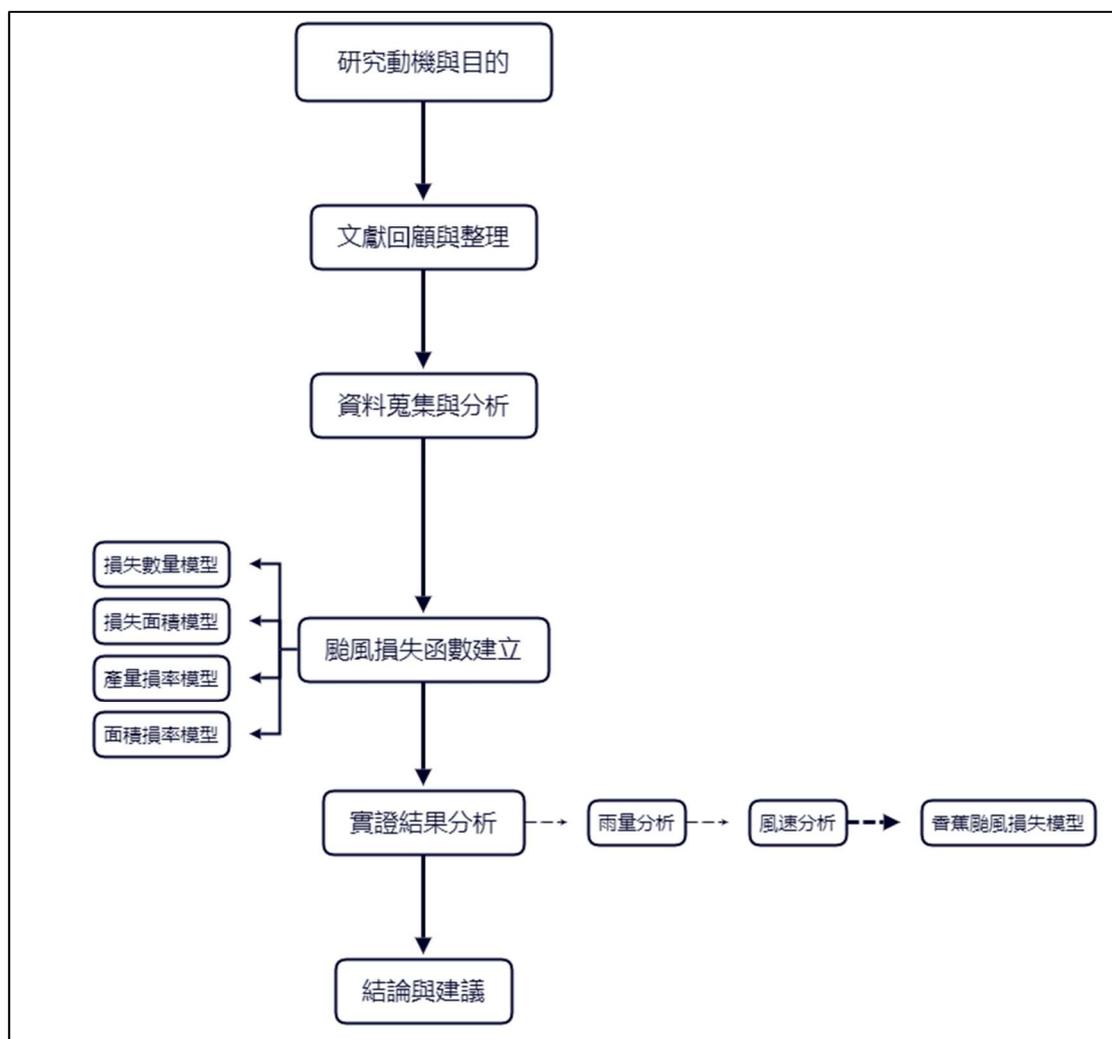


圖 1-1 研究流程圖

資料來源：本研究整理。

第二章 文獻回顧



本章旨在了解香蕉的生長特性與過去對於天然災害損失的分析以及近年災後應對措施的分析，總共分為五小節，第一節為香蕉的生長特性，第二節為香蕉災害損失之文獻回顧，第三節為災損模型之文獻回顧，第四節為小節。

藉由過去各種農藝文獻，以了解香蕉生長條件與氣候之間的關聯性，找出颱風災害可能導致香蕉受損的原因，作為建立香蕉颱風災損模型的參考依據。

第一節 香蕉的生長特性

香蕉為芭蕉科 (Musaceae) 芭蕉屬 (Musa) 植物，於熱帶地區廣泛栽培，終年可收穫，一年最多兩收，一般而言，抽穗開花期大致在每年的 9 月至翌年的 5 月，中南部大約在每年的 2 月至 7 月可採收，而其他地區則大約在 7 月至 12 月（行政院農業委員會，2017b）。

香蕉雖然植株高大，但其為大型草本植物，株莖是由葉鞘聚合而成，根部為草質，不像本木果樹具有堅硬樹幹，且大都分佈在 15 公分之表土內（行政院農業委員會，2017a），因此遇到強風容易晃動，使得根部斷裂或整株倒伏。以臺灣香蕉而論，一般風速每秒超過 15 公尺，葉片就會被吹斷、葉柄折斷；每秒 20 公尺，整株常被吹倒；每秒 30 公尺，如果沒有另立支柱加強抗風性，強風可能大面積摧毀蕉林，造成農產巨大損失（朱慶國，1987）。

雨量也是香蕉損害的因素之一，臺灣香蕉研究所（1988）總結淹水對於香蕉的損害，土壤中含水量若超過 80%，將使植株的供氧與呼吸等功能無法正常運作，香蕉果實發育受阻，對香蕉生長有絕對的不利。

香蕉為熱帶水果，因此溫度亦為影響香蕉生長的重要因素之一，朱慶國（1989）於過去於嘉義分所研究氣候與葉片生長率的關係，證明香蕉的生長速度與氣溫成



正比，於 30~31 攝氏度時生長最為快速。相關文獻指出當環境氣溫低於 10 攝氏度，香蕉植株可能因抽穗困難停止出葉、果實停止生長；若低於 4 攝氏度則會造無法恢復的嚴重寒害損傷 (Robinson & Saúco, 2010; Turner & Treverrow, 2003)。當香蕉長期處於 38 攝氏度以上的高溫，葉片灼燒，阻礙果實生長 (Robinson et al, 2010)。

在過去有很多學者透過氣象分析香蕉的生長，黃子彬 (2010) 在文獻中提及影響果樹生長之主要氣候因子包含溫度、日照、二氧化碳、雨量、空氣汙染 (PSI)。Salvacion (2020) 在菲律賓使用 1991 年至 2016 年的香蕉產出 (產量及種植面積) 及天氣因子資料 (降雨量、平均溫度及溫差等)，將兩者以多元迴歸的方式進行相關性分析，其中以溫度的季節性變化影響最大，其次是年平均日溫差，最後則是年平均溫度。Salvacion et al. (2019) 探討香蕉栽種適宜性的改變、產量的減少及病蟲害發生率的增加和氣候變遷的關係，結果發現，未來降雨量的變化可能導致有利於黃葉病發生的區域範圍擴大，使菲律賓面對氣候變遷的風險增加。

朱慶國 (1987) 也提到種植的方式也會影響香蕉的生長，臺灣種植香蕉的方式分別有更新栽培與宿根栽培，前者為每年香蕉收穫後，砍除蕉株再重新種植一次，而高屏地區多為平地，為便於控制產期 (3 月至 7 月) 與減少颱風為害，不少蕉農均採用此法；而後者則是利用母株小吸芽直接長大抽穗而不再移植，在中部地區多採用 4 年至 5 年的宿根栽培，主要是因為中部地區多位在山脈或坡地居多，因此為節省種植的成本而多採用此方法，另外從香蕉種植坡地比例之分佈圖可以觀察出 (圖 2-1)，種植坡度較高的地區多位在中央山脈之西側，因此在山坡地上種植可以達到避風的作用，進而減少損失。

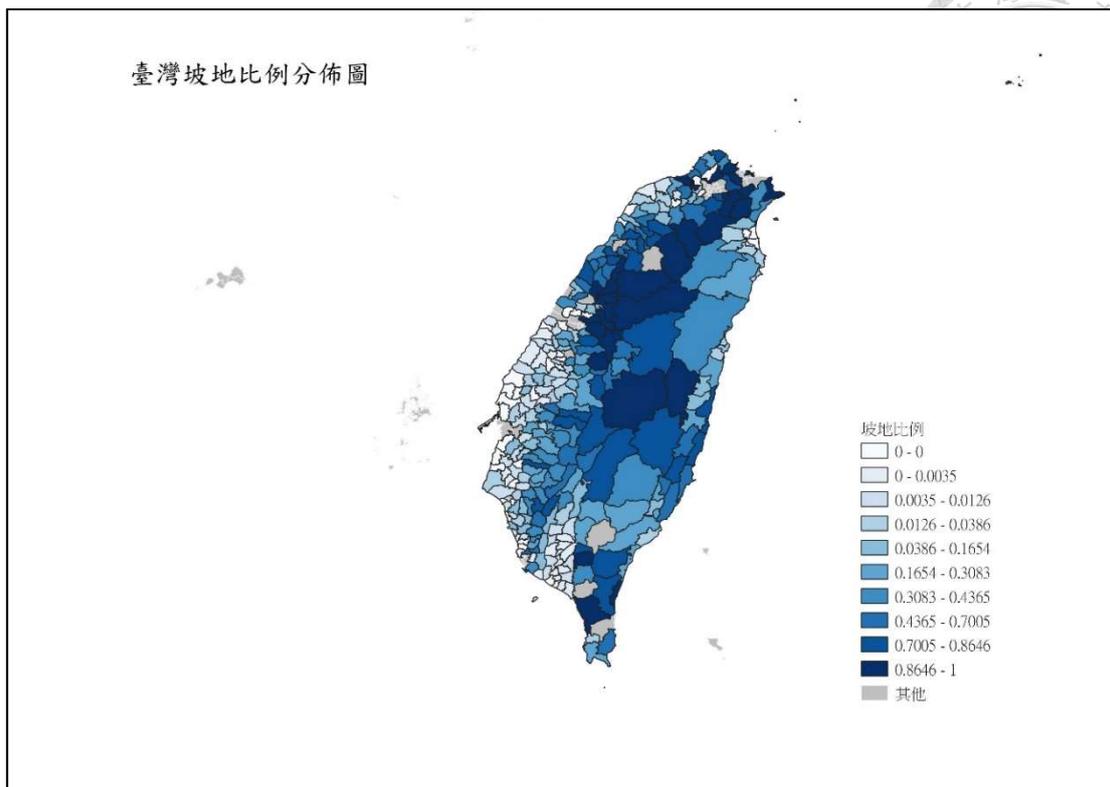


圖 2-1 臺灣香蕉種植比例分佈圖

資料來源：本研究整理。

由過去的文獻中可得知，香蕉與氣候的關係匪淺，前人的研究也可以印證氣候因素對香蕉生產有很重要的影響力，影響生長的因素包含溫度、雨量、風速以及其變化、種植方式與地理位置，因此後續的分析也將藉由這些氣候因素與其他相關的因素作為出發點來分析。



第二節 香蕉災損之文獻回顧

近幾年由於氣候變遷，使得颱風發生的機率與規模逐年增加，從歷史資料也可看出颱風所造成的災損最為嚴重，因此，本研究著重於颱風之氣象因素對於香蕉所造成的損害。本節將回顧在過往的文獻中，整理出有何種重大的天氣災害會造成香蕉的災損，以及過去在衡量災損的嚴重性時考量的觀點為何，表 2-1 為過去天災研究之文獻整理。

前面也提到，香蕉屬於大型草本植物，因此能夠承受強風的程度相對於木本植物要來的低，風速對於香蕉來說會是影響產量的一個很重要的因素。翟志宏、黃俊、鄭璟與劉錦鑒（2014）使用 1997 年至 2013 年廣州不同地區逐日之極大風速評估風害造成的香蕉損失，研究結果顯示香蕉以中度風害為主，成長期風害春植比秋植高，而抽穗成熟期則相反。

香蕉屬於熱帶性植物，朱慶國（1989）提到香蕉生長的最適溫度，因此對於香蕉而言溫度也是重要的因素。蔡大鑫、王春乙、張京紅與劉少軍（2013a）使用線性滑動平均與資訊擴散分析海南省香蕉寒害風險，將寒害按區域明確劃分。蔡大鑫等（2013b）以海南島 18 個（縣）市 1990 年至 2010 年的氣象資料計算氣象災害指數，並與香蕉的相對氣象產量資料（熱帶氣旋災害指數、暴雨災害指數、為乾旱指數、寒害指數、冷害指數）建立迴歸方程式，估計香蕉寒害保線費率。鄭璟、杜堯東與王華（2015）使用逐步迴歸分析方法，建立 GIS 氣候要素空間推算模型，推估寒害風險。

雨量也是影響香蕉產量的因素之一，招偉文、阮碧恒（2018）考慮總體經濟與氣象條件（積溫、平均氣溫、雨量、日照數、最大風速）和香蕉產量的關係，用以推估出香蕉的產量。

臺灣香蕉農業氣象災損研究不多，因颱風同時包含風速和雨量兩種重要的因素，因此在近幾年中農業災損之實證研究都會將颱風所造成的影響納入模型中（中央氣象局，2012），如陳慈慧（2020）使用 1997 年至 2017 年臺灣 30 個主要香蕉生產地區之產量，建立香蕉的單位面積產量推估模型，氣象因素除考慮年均溫、年溫度變異、年雨量、大豪雨天數、最大連續不降雨日之外，還加上颱風最大年平均風之風速，由其結果得知，除颱風的最大風速外，溫度及其變異、雨量亦為影響香蕉產出的主要因素。

表 2-1 過去天災研究之文獻整理

災害事件	作者	研究貢獻
風害	翟志宏等（2014）	使用趨勢分析、對比分析，分析香蕉不同生長期風害日數影響程度
	朱慶國（1989）	透過田野調查的方式，觀察出氣溫與香蕉植株生長的關係。
低溫	蔡大鑫等（2013a） 蔡大鑫等（2013b）	使用線性移動平均評估項災害指數、資訊擴散法模擬災害發生機率評估減產面積與分佈
	鄭璟等（2015）	使用 GIS 空間推算模型劃分寒害區域與逐步回歸模型，建立香蕉空間分析模型，推估寒害風險
豪雨	招偉文等（2018）	使用相關分析與回歸模型評估香蕉單位面積產量與氣候條件之關係
颱風	陳慈慧（2020）	使用固定效果模型估計香蕉產量與氣候因素的關係

資料來源：本研究整理。



第三節 災損模型之回顧

臺灣因地理位置優越，非常適合水果的生長，在過去甚至曾被稱為水果王國，然而近幾年由於氣候異常，農作物受到影響也逐漸增大，其中果類作為高經濟作物也非常受到重視，因此在過去也有不少的學者評估天然災害所造成的農業損失，本節將針對香蕉與其他的農作物所使用的方法做整理，並從中選出合適的方法作為研究依據，整理至表 2-2。

朱蘭芬、陳吉仲與陳星瑞（2007）蒐集 1959 年至 1998 年共 40 年颱風災損資料，使用最小平方法、TOBIT 與 Truncated 模型評估各地區稻米損失模型後，由結果可知不論是雨量或風速皆有顯著影響，並利用模型推估出各縣市平均產出損失量之最大值與最小值，將 40 年稻米平整之平均價格與平均產出最大值和最小值相乘求出保費上下界，計算出各地區保險費率區間。

丘媚萍（2011）估計氣候變遷對於農業部門的影響，蒐集 1946 年至 2009 年臺灣 12 個縣市之損失面積資料與氣象資料，將臺灣分為四個地區作分析，並將農業災害分為颱風、豪雨、旱災、病蟲害與寒害，使用最小平方估計法(OLSE)評估損失函數，從研究結果中可以得知災損以颱風最多，其中對中南部影響最大。

陳威勤（2019）評估文旦柚產量模型與價格模型以推估收入保險保費與理賠金，蒐集 1981 年至 2016 年臺南地區之產量及氣象資料，為觀察出長期的影響使用混和頻率模型 (Mixed Data Sampling Regression, 簡稱 MIDAS) 將高頻率的氣候資料轉換為低頻率，利用合併平均群體估計法 (Pooled Mean Group Estimation, 簡稱 PMG) ，推估出需求函數與價格彈性，從結果可知氣候因素於冬季花芽期為負向效果，春季開花結果期為正向效果。

陳慈慧（2020）推估產出模型與供需模型以作為香蕉收入保險的依據，使用 1997 年至 2017 年臺灣 30 個主要香蕉生產地區之產量及氣象因素，其中產出模型

選用固定效果模型作分析，而供需模型則為避免數量與價格產生內生性，利用三階段最小平方法推估，最後利用 TCCIP 未來氣候資料推估出在氣候變遷之下之收益，由結果得知溫度及其變異、雨量和颱風，為影響產出的主要因素。



簡榮成 (2020) 推估出芒果之損失函數，蒐集 1989 年至 2018 年臺南、高雄及屏東的芒果災損資料以及氣象資料，並使用隨機效果模型分析各氣候因素對於產量的影響，由結果得知生長期的溫度與雨量有很顯著的影響。

表 2-2 災損模型之整理

作者	研究模型	變數設定
朱蘭芬等 (2007)	最小平方法、TOBIT 與 Truncated 模型	年颱風瞬間最大風速*、年颱風累積雨量*
丘媚萍 (2011)	最小平方估計法	月平均溫度*、月降水量*、單日最大日降水量*、單日最大風速*、前一期損失面積*
陳威勤 (2019)	混和頻率迴歸模型	月累積積溫*、月平均雨量*、月平均風速、月累積日照時數*
陳慈慧 (2020)	固定效果模型	年均溫*、年溫度變異*、年雨量*、大豪雨天數、最大連續不降雨日*、年颱風最大平均風風速*
簡榮成 (2020)	隨機效果模型	月平均溫度*、月平均氣壓值*、月平均風速*、月平均雨量*，及有損失之颱風月次數、災害發生縣市*

資料來源：本研究整理。

註：*表示該文獻在信心水準 5% 下顯著或研究主要考量之重要變數。



第四節 實務考量的因素

在過去的文獻中，有關損害與氣候因素之間大都只提及到關聯性的分析，卻鮮少提到氣候因素對於災害有明確的門檻值，而在現行有關颱風事件的農業保險中（表 2-3、表 2-4），都設有明確的門檻值，如最大風速、總累積雨量等氣候參考值作為保費計算的基礎，這也就說明氣候因子的門檻值對於災損的評估確實是重要考量。

現行的香蕉保險中也有使用颱風的最大風速作為計算保費的依據，目前試辦地區為高雄市和屏東縣，風速由中央氣象局所公布，陸上颱風警報期間，所在縣市之任一氣象站所測得，最大風速達到每秒 17.2 公尺以上，且折斷或倒伏面積比率超過 20%，便會啟動保險賠償的機制。這表示在實務上，氣候因子的門檻值也是重要的參考依據，而香蕉以颱風最大風速值作為考量，因此本研究也將風速的門檻值納入實證分析模型。

表 2-3 香蕉農業保險

作物	年度	名稱	保費基準	氣候條件	理賠金
香蕉	109	富邦產物香蕉植株農作物保險	保險公司制定	最大風速每秒 17.2 公尺以上	倒伏面積 20% 以上之損失
香蕉	110	香蕉收入保險	農委會農糧署制定		預估產值低於保障額度之差額

資料來源：本研究整理自行政院農委會。

表 2-4 現行臺灣颱風指數農業保險

作物	年度	名稱	保費基準	氣候條件	
				風速	雨量
木瓜	109	華南產物風速及降雨量參數木瓜保險	種植成本×投保面積	最大陣風每秒 24.5 至 28.4 公尺以上	連續 5 日累積超過 400 毫米
高接梨	110	富邦產物颱風風速及降水量參數梨農作物保險	保險公司制定	最大陣風每秒 24.5 公尺以上	一日累積 200 毫米或三日 360 毫米
蓮霧	110	臺灣產物屏東地區颱風風速及降水量參數蓮霧保險	預估生產成本×預估收穫量	最大風速大於每秒 24.7 公尺	連續 5 日累計 450 毫米
番石榴	110	國泰產物番石榴農作物保險(颱風風速及降雨量參數型)	種植成本×投保面積	最大陣風每秒 24.5 至 28.4 公尺以上	連續 5 日累積超過 300 毫米
甜柿	110	兆豐產物台中地區颱風風速及降水量參數甜柿保險	保險公司制定	最大風速每秒 32.7 公尺以上	連續 5 日累積 400 毫米
文旦柚	110	明台產物風速參數柚保險	種植成本×投保面積	最大陣風每秒 17.2 至 20.7 公尺以上	
柑橘	110	明台產物風速參數柑橘保險	種植成本×投保面積	最大陣風每秒 20.8 至 24.4 公尺以上	
西瓜	111	富邦產物降水量參數西瓜農作物保險	保險公司制定		一日累積 201 毫米或每日累積 40 毫米且累積三日達 251 毫米

資料來源：本研究整理自行政院農委會。



第五節 小結

透過本章的分析，讓我們更加了解臺灣香蕉整體的現況。表 2-5 為整理過去常用之災損相關解釋變數，從表中可以看出雨量、風速和氣溫都在過去相關的文獻作為重要變數而被使用。

從香蕉生長來看，災損可分為葉片損傷與植株損傷，而颱風又以雨量和風速為主要因素，透過文獻與統計資料可以觀察出，葉面損害在颱風災損中占了很高的比例。而在過去的文獻中大多考慮累積雨量與最大風速，這也表示香蕉能承受的氣候條件是有極限存在。

過去的研究中也有觀察出作物在抽穗期時，損害承受能力比較低，主要是因為在抽穗期花蕾容易被雨水或是強風影響，導致結果不順利進而造成損害，葉片損害為香蕉於颱風期間主要的損害（翟志宏等，2014），在農業保險中也以最大風速、累積雨量與風速門檻值做為重要的參考依據，因此在後續探討中會是研究的重點。

表 2-5 災損評估相關之變數

變數名稱	
雨量(mm)	颱風事件、小時之最大總雨量
	1、3、6、12、24hr 之累積雨量
	日、月之平均雨量
風速(m)	颱風事件、日、月之最大風速
	颱風事件、日、月之平均風速
次數	大豪雨天數
	有損失之颱風月次數
	日累積豪大雨次數
	災損持續天數
其他	災害發生縣市、海拔高度
	經度、緯度
農業保險	風速門檻值

資料來源：本研究整理。

第三章 臺灣香蕉之生產現況與災害分析



本章主旨在了解近年香蕉生長現況與天然災害的分佈狀況，並設定評估損失的方法與解釋變數，第一節為種植現況與地理分佈，第二節為歷年天然災害的分佈狀況，第三節為颱風的致災因素，第四節為小結。

過去的文獻中，已經有不少學者針對評估農作物產出的提出了不同研究的方法，評估天然災害損失各有不同的方式，本研究則是對香蕉的颱風災損進行評估，因此首先蒐集過去種植與颱風災損資料，分析生長與損害的地理分佈與時間趨勢，並觀察颱風事件需考慮的氣候因素，以了解颱風災害的特性。

第一節 種植現況與地理分佈

臺灣多數縣市皆有種植香蕉，只是種植面積多少不同。若以區域來看¹，表 3-1 顯示，南區種植面積最大、中區其次；2020 年香蕉總種植面積 16,416 公頃，南區佔 46%，中區佔 44%，兩區合計就佔總種植面積的 90% (圖 3-1)。過去 12 年除了 2012 年及 2013 年香蕉種植面積略有減少外，其他年份地區種植面積皆有略為增加 (圖 3-2)。

¹ 按中央氣象局區域圖分類。

表 3-1 2009 年至 2020 年臺灣香蕉種植面積之區域別統計

單位：公頃

年度	中區	北區	東區	南區	總計
2009 年	5,441	183	563	6,158	12,346
2010 年	6,524	216	966	6,363	14,069
2011 年	6,528	259	940	6,058	13,785
2012 年	6,380	283	1,011	5,572	13,246
2013 年	6,312	299	1,098	5,631	13,340
2014 年	6,547	343	1,177	5,929	13,996
2015 年	6,855	322	1,311	6,114	14,602
2016 年	7,371	339	1,382	6,920	16,013
2017 年	7,448	355	1,541	7,494	16,838
2018 年	7,341	360	1,486	7,448	16,636
2019 年	7,264	376	1,356	7,343	16,338
2020 年	7,249	395	1,287	7,482	16,413

資料來源：本研究整理自行政院農委會農糧署。

註：按照中央氣象局區域圖將臺灣分類成四地區，北部地區為苗栗縣、桃園市、基隆市、新北市、新竹市、新竹縣、臺北市；中部地區為南投縣、雲林縣、嘉義市、嘉義縣、彰化縣、臺中市；南部地區為屏東縣、高雄市、臺南市；東部地區為宜蘭縣、花蓮縣、臺東縣，不包含金門縣、澎湖縣等外島。

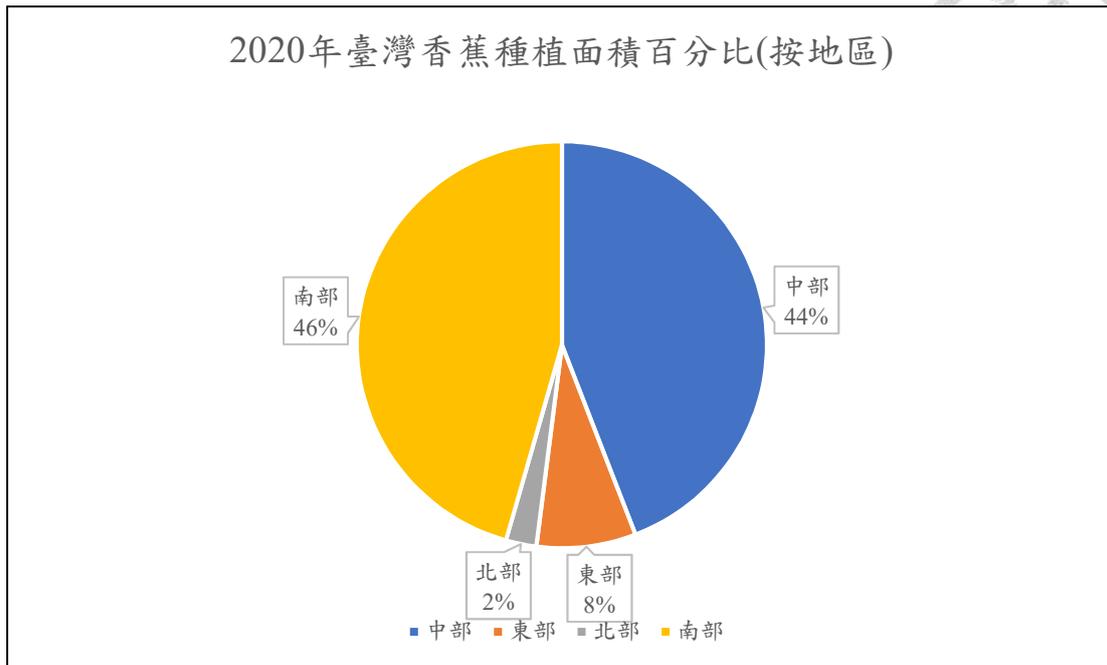


圖 3-1 2020 年臺灣香蕉區域之種植面積百分比

資料來源：本研究整理自行政院農委會農糧署。

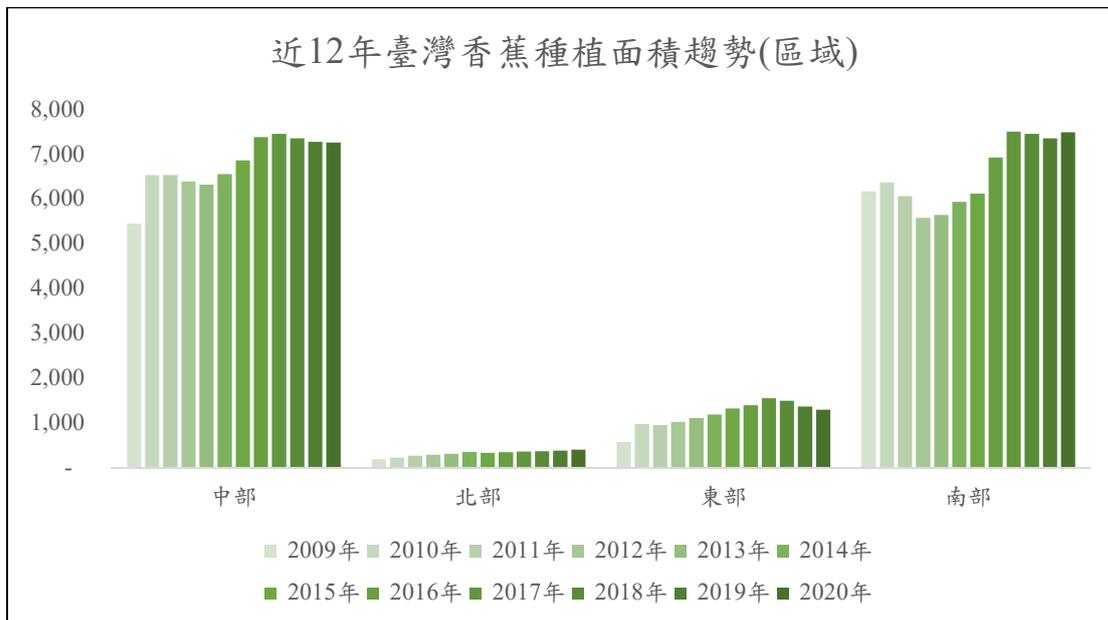


圖 3-2 近 12 年臺灣香蕉區域之種植面積趨勢

資料來源：本研究整理自行政院農委會農糧署。

註：種植面積的單位為公頃。

若以縣市別來看，屏東縣、南投縣、嘉義縣，和高雄市為香蕉主要生產的縣市，以 2020 年為例，香蕉種植面積規模多寡之縣市排名依序：屏東縣（4,295 公頃）、南投縣（3,158 公頃）、嘉義縣（2,553 公頃），和高雄市（2,816 公頃）。臺灣每年香蕉產量的區域分佈，亦如香蕉種植面積，以南區最多、中區次之，東區第三，北區最少（表 3-2、圖 3-3）。

表 3-2 2009 年至 2020 年臺灣香蕉收穫量之區域別統計

單位：公噸

年度	中區	北區	東區	南區	總計
2009 年	89,360	2,982	8,900	71,260	172,501
2010 年	123,777	3,936	15,998	144,133	287,844
2011 年	136,911	4,638	18,173	145,966	305,688
2012 年	129,912	4,988	20,238	140,075	295,213
2013 年	124,773	5,021	23,447	138,000	291,242
2014 年	139,165	6,029	21,825	132,828	299,848
2015 年	122,612	5,195	24,460	121,775	274,042
2016 年	120,386	4,927	21,506	110,695	257,514
2017 年	153,920	6,569	22,547	172,924	355,960
2018 年	152,683	6,866	26,238	170,396	356,183
2019 年	150,602	7,310	22,036	162,622	342,570
2020 年	151,770	7,546	24,670	175,559	359,546

資料來源：本研究整理自行政院農委會農糧署。

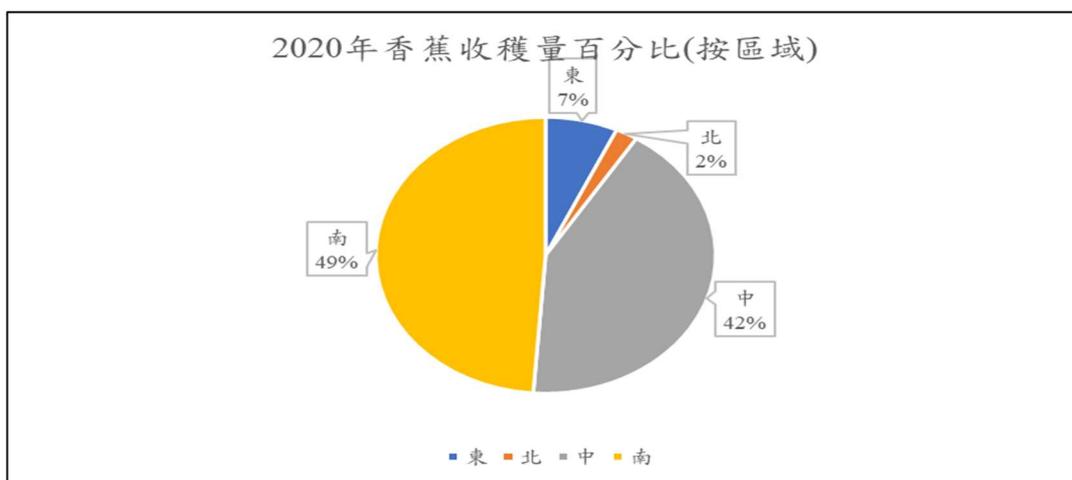


圖 3-3 2020 年各地區之香蕉收穫量百分比

資料來源：本研究整理自行政院農委會農糧署。



第二節 天然災害損失之時空分佈狀況

一、整體災害狀況

根據農委會農糧署 2009 年至 2020 年的統計資料可知，香蕉有 9 類主要的天然災害，本研究另分成五大類並呈現在表 3-3 中，可以看出在各個天然災害中，不論是被害面積、受損量或是損失價值，所統計出的數據都是以颱風為最大，這表示颱風造成的影響遠比其他天然災害要來的嚴重，是其他天然災害所無法比擬的。

表 3-3 2009 年至 2020 年香蕉天然災害損失統計表

天然災害	被害面積 (公頃)	損失面積 (公頃)	受損量 (公斤)	估計損害價值 (元)
冰雹/低溫/寒流	1,647	343	5,750,430	180,554,946
旱災	10	1	8,500	187,000
強風/龍捲風	125	21	574,119	8,891,940
豪雨/熱帶低壓水災	2,646	506	12,659,732	221,060,656
颱風	48,714	16,904	376,682,677	8,213,299,440

資料來源：本研究整理自行政院農委會農糧署。

註：民國 101 年泰利颱風發生於梅雨季節，故統計資料將該颱風所致之農作物災損與豪雨致災合併計算。

根據日本氣象廳 (JMA) 於 1951 至 2019 年統計顯示，西北太平洋平均每年產生 25 個颱風中，平均有 5 個會侵襲臺灣，其中「極端降雨」為颱風致災的主要原因，包括長時間的總降雨量及短延時的局部大雨都可能造成地區性的災情。而根據臺灣 29 個氣象觀測站從 1970 至 2017 年的統計資料顯示，在這 48 年以來總共有 238 個颱風影響臺灣，再以降雨量為單位做評估，其中以 2009 年的莫拉克颱風為災情最為嚴重，最大總雨量為 3059.5mm、總平均雨量 641.1mm，其次為 1996 年的賀伯颱風，再者是 1987 年的琳恩颱風等，都造成極大的災情（交通部中央氣象局，2021；行政法人國家災害防救科技中心，2021）。

而各個農作物都有一定的生長期，臺灣因地理位置優越，香蕉收穫可謂一年四季，生長期約落在 2 月至 11 月（表 3-4），涵蓋的月份十分廣泛，而臺灣颱風發生的時間大致發生在夏季，將颱風損害按月份做對照可以得知，發生損害月份為 6 月、7 月、8 月、9 和 11 月，其中 7 月、8 月、9 月發生的頻率最高（圖 3-4），恰好與香蕉的生長期重疊，因此可以確定颱風造成的損害會最大，與香蕉生長期重疊於颱風期間有很大的關係。

表 3-4 臺灣香蕉生長期與颱風月份分佈圖

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
生育階段												
抽穗期												
成熟期												
颱風												

資料來源：本研究整理自臺灣香蕉防災栽培曆（2019）。

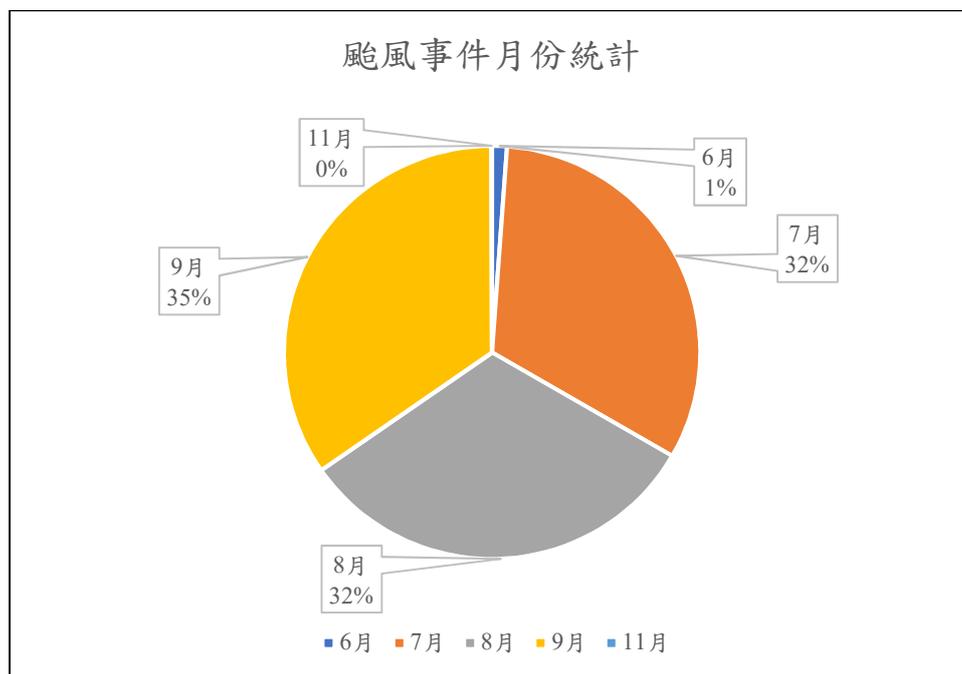


圖 3-4 颱風事件月份統計

資料來源：本研究整理自行政院農委會農糧署。



二、時間分佈狀況

從上述的資訊可以得知，颱風是造成香蕉損害最主要的天然災害，因此針對颱風做更細部的分析，首先針對產量作分析，若是將產量損率作為颱風破壞強度的衡量，則根據過去 12 年的歷史資料，可以發現以 2009 年、2010 年、2015 年及 2016 年最為嚴重，4 年颱風受損量約佔 12 年總受損量的八成以上，約佔原預估產量²的 24%，其中 2009 年與 2016 年產量損率達到 25%與 29%，佔了原預估產量的 28%，破壞力相當驚人（表 3-5）。

表 3-5 2009 年至 2020 年歷年香蕉颱風產量損率與損失比重

年度	總產量 (公斤)	颱風受損量 (公斤)	產量損率 (%)	損失比重 (%)
2009	230,625,680	58,053,489	25.17%	15.41%
2010	355,343,564	67,499,246	19.00%	17.92%
2011	308,588,873	2,551,901	0.83%	0.68%
2012	312,207,507	13,990,419	4.48%	3.71%
2013	309,329,757	18,006,202	5.82%	4.78%
2014	311,484,339	11,298,260	3.63%	3.00%
2015	355,254,466	81,198,124	22.86%	21.56%
2016	373,472,199	111,024,866	29.73%	29.48%
2017	364,072,472	7,862,053	2.16%	2.09%
2018	364,989,539	310,861	0.09%	0.08%
2019	347,853,018	4,622,983	1.33%	1.23%
2020	360,547,981	206,860	0.06%	0.05%
總和	3,993,769,395	376,625,264	9.43%	100%

資料來源：本研究整理自行政院農委會農糧署。

註 1：總產量是由實際產量與總受損產量的總和。

註 2：產量損率是該年度颱風受損量除以總產量。

註 3：損失比重是將當年度颱風受損量除以歷年總颱風受損量。

² 為各颱風受損量加總與總產量加總後的比值。



而在同一年度中可能會影響到生產的颱風不只一個，因此將颱風事件按先後順序做排序，以觀察出各事件的損害情形，在這裡更細部的將損害分為損失數量、損失面積、產量損率與面積損率。

由統計資料³可看出，損失數量最大為 2015 年蘇迪勒颱風 (75,026,408 公斤)，最小為 2018 年瑪莉亞颱風 (968 公斤)；若以損害的程度來看，產量損率平均最大值为 2015 年蘇迪勒颱風 (20.57%)，最小為 2010 年莫蘭蒂颱風 (0.6%)；另外從損失面積來觀察影響的範圍，影響最大為 2015 年蘇迪勒颱風 (3,272 公頃)，而 2018 年瑪莉亞颱風的影響則是很小；而從影響的程度來看，歷年面積損率在平均而言，影響最大為 2015 年蘇迪勒颱風 (23.91%)，而瑪莉亞颱風則是很小。

本研究將以上四種損害的方式，按各年度的颱風損害資料，分別作出四分位圖來觀察分佈的狀況，從圖 3-5 與圖 3-6 可以看出，每年都有損害的發生，其中 2009 年莫拉克颱風、2010 年凡那比颱風、2015 年蘇迪勒颱風與 2016 年尼伯特颱風的影響範圍大，而 2009 年蓮花颱風、2010 年莫蘭蒂颱風與 2018 年瑪麗亞颱風等的颱風則是很小，這表示對於蕉農而言，颱風是一個風險極高的一個天然災害，不光發生的頻率很高，而且每次都可能會使得生產有極大的損害。

³ 詳細內容，請參考附錄一。

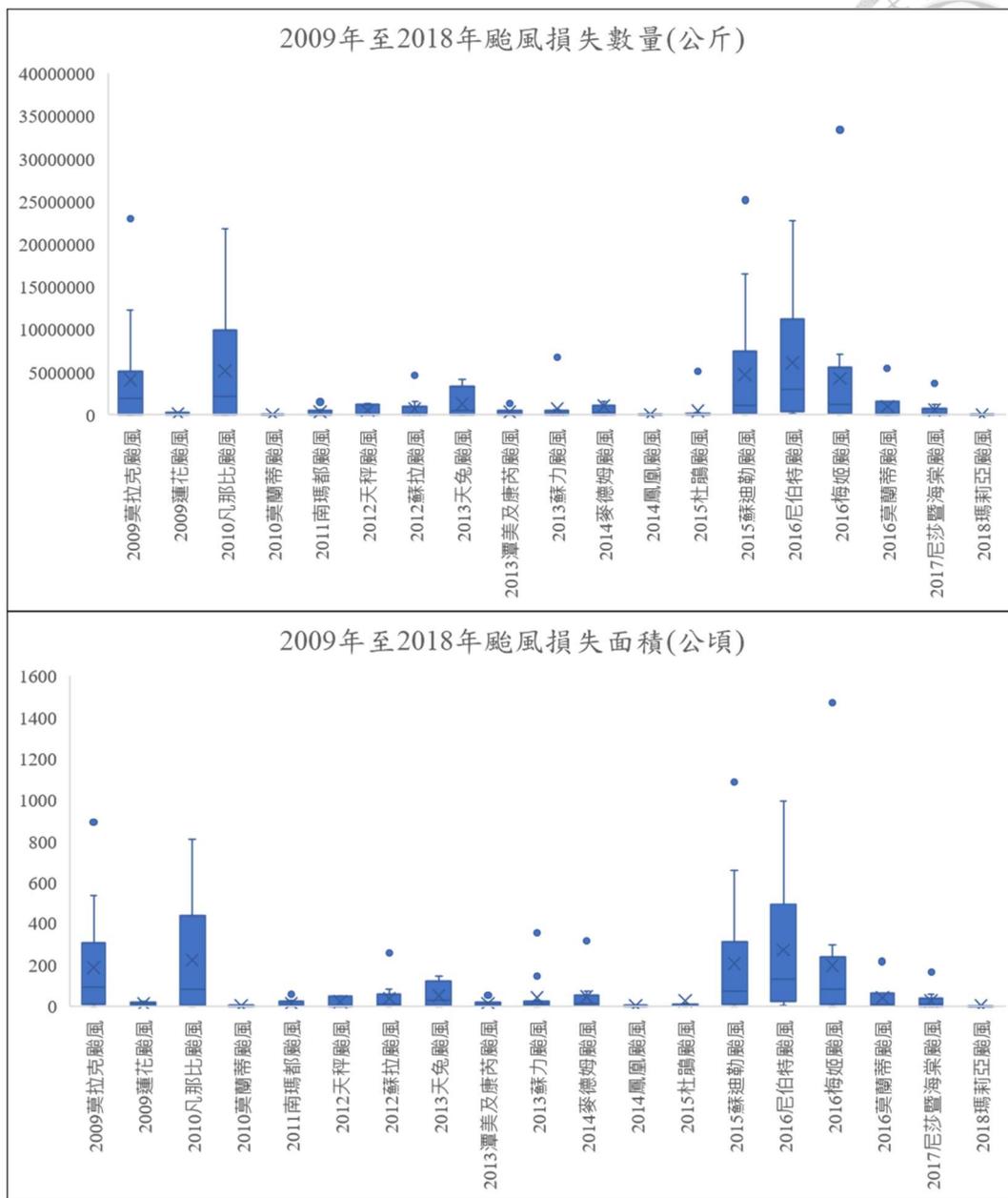


圖 3-5 2009 年至 2018 年各颱風損失數量與損失面積四分位圖

資料來源：本研究整理自行政院農委會農糧署。

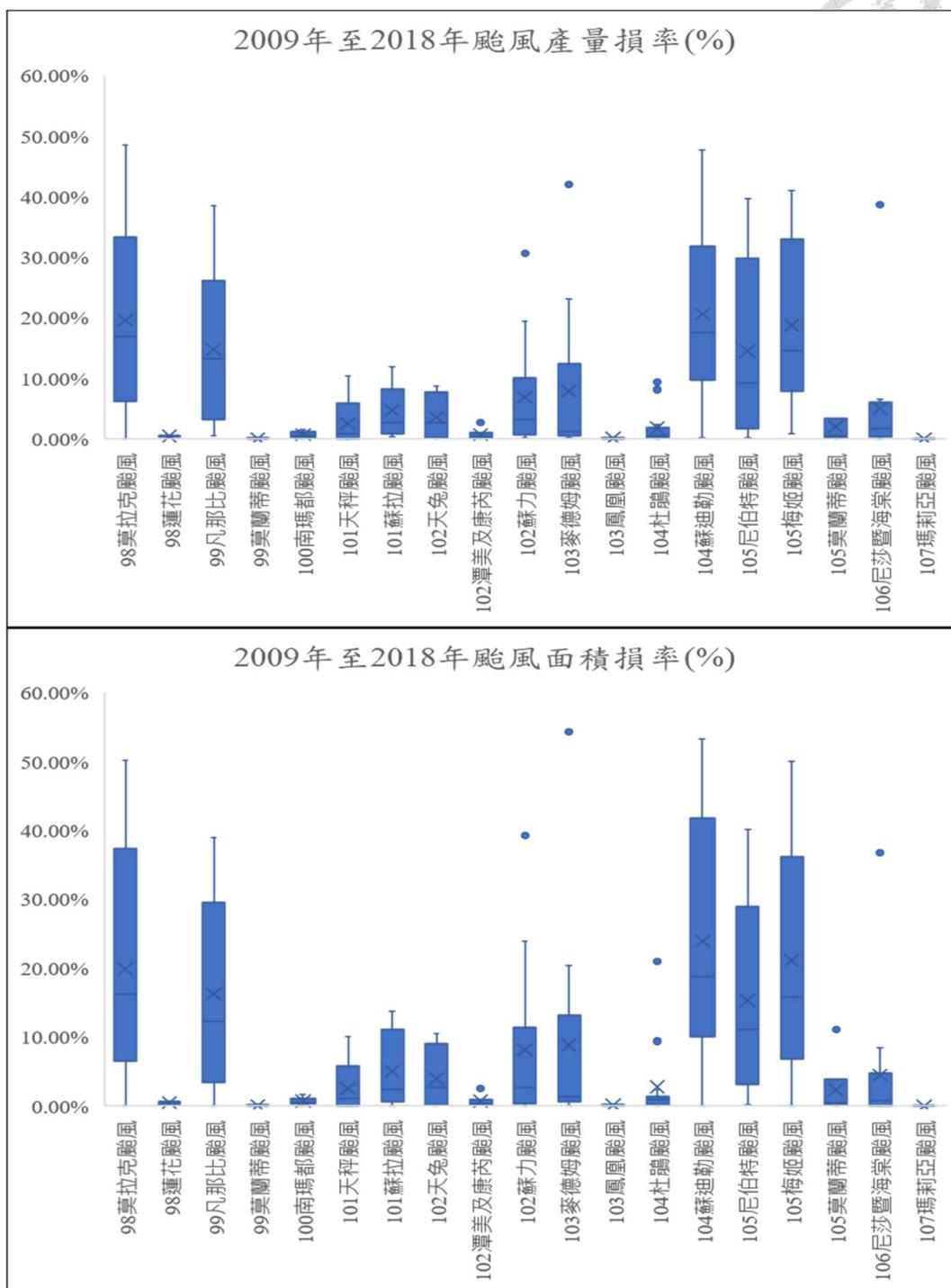


圖 3-6 2009 年至 2018 年各颱風產量損率與面積損率四分位圖

資料來源：本研究整理自行政院農委會農糧署。



三、空間分佈狀況

前一小節也提到，各地區種植的狀況也各不相同，因此為了更加準確的分析損失狀況，將災損資料按各縣市做整理，整體而言，南部受到颱風的損失量最為嚴重，佔 46%，而中部第二，佔 40%，東部第三，佔 13%，北部最少，佔 1%（圖 3-7）。

從統計資料也可看出（表 3-6），近 12 年各縣市總產量越大的地方，颱風受損量越大，如屏東縣、高雄市、嘉義縣和南投縣，但是可以從產量損率中發現，這幾個地區損失程度並不嚴重，反而是產量較少的地區，如花蓮縣、宜蘭縣和臺北市損失程度較高。另外也可以發現南投縣雖然總產量不輸屏東縣和嘉義縣，但是產量損率卻比較低；以損失比重來看，高雄市、嘉義縣、屏東縣，受到災損為全臺最嚴重。

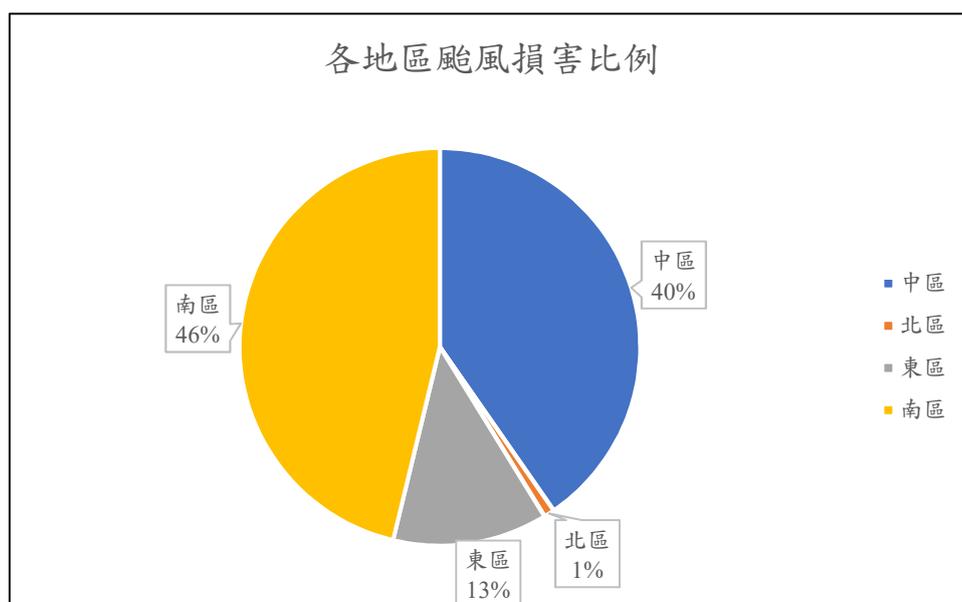


圖 3-7 各地區颱風受損量比例

資料來源：本研究整理自行政院農委會農糧署。

表 3-6 2009 年至 2020 年各縣市香蕉颱風產量損率與損失比重

縣市	總產量 (公斤)	颱風受損量 (公斤)	產量損率 (%)	損失比重 (%)
臺北市	2,383,659	252,434	10.59%	0.07%
苗栗縣	26,393,564	892,586	3.38%	0.24%
桃園市	5,380,501	44,075	0.82%	0.01%
基隆市	580,889	1,407	0.24%	0.00%
新北市	12,424,626	454,100	3.65%	0.12%
新竹市	1,764,430	47,017	2.66%	0.01%
新竹縣	19,387,346	570,743	2.94%	0.15%
臺中市	98,748,053	6,632,622	6.72%	1.76%
南投縣	712,596,588	29,777,302	4.18%	7.91%
雲林縣	198,785,677	19,785,341	9.95%	5.25%
嘉義市	10,851,848	846,715	7.80%	0.22%
嘉義縣	690,455,564	83,573,902	12.10%	22.19%
彰化縣	36,835,011	3,153,814	8.56%	0.84%
臺南市	265,992,228	23,636,851	8.89%	6.28%
屏東縣	1,058,893,872	92,919,423	8.78%	24.67%
高雄市	554,600,536	66,677,467	12.02%	17.70%
臺東縣	138,604,709	15,307,706	11.04%	4.06%
宜蘭縣	22,048,479	3,609,395	16.37%	0.96%
花蓮縣	137,041,816	28,442,365	20.75%	7.55%
總計	3,993,769,395	376,625,264	9.43%	100.00%

資料來源：本研究整理自行政院農委會農糧署。

註 1：總產量是由實際產量與總受損產量的總和。

註 2：產量損率是該年度颱風受損量除以總產量。

註 3：損失比重是將當年度颱風受損量除以歷年總颱風受損量。



從上述可知，損害狀況按不同的區域有不同的影響，因此為更細部的分析損害的狀況，在這裡也將損害分為四個部分做說明。

由統計結果⁴可得知，損失數量最大為屏東縣(90,408,355 公斤)，最小為基隆市(1,407 公斤)，而依嚴重程度接著是高雄市(66,328,365 公斤)、南投縣(29,645,424 公斤)、花蓮縣(28,222,825 公斤)；若以產量損率來看，平均最大為宜蘭縣(24.9%)、最小為桃園市(2.03%)，接著依序為臺北市(16.28%)、花蓮縣(14.11%)與彰化縣(12.52%)；從損失面積來看，最大為屏東縣(3,707 公頃)、最小為基隆市與桃園市，接著依序為嘉義縣(84,420,617 公頃)、高雄市(66,328,365 公頃)與南投縣(29,645,424 公頃)；以影響的廣泛程度來看，產量損率平均最大為宜蘭縣(25.30%)，基隆市最小，接著依序為臺北市(23.58%)、花蓮縣(16.12%)與雲林縣(14.63%)

其中可以觀察發現損失數量與損失面積，多以中南部的縣市較高，但是在產量損率和面積損率卻並沒有很高，反而比其他的縣市低，從圖 3-8 也可以發現，高雄市、臺中市與屏東縣等主要產區的損率並不高，這表示雖然颱風造成的損失數量和損失面積很高，但是損害的嚴重程度卻沒有預期的大，也可以發現南投縣的損率比這幾個地區要低，這可能與地形或是種植方式有關。

⁴ 詳細內容，請參考附錄二。

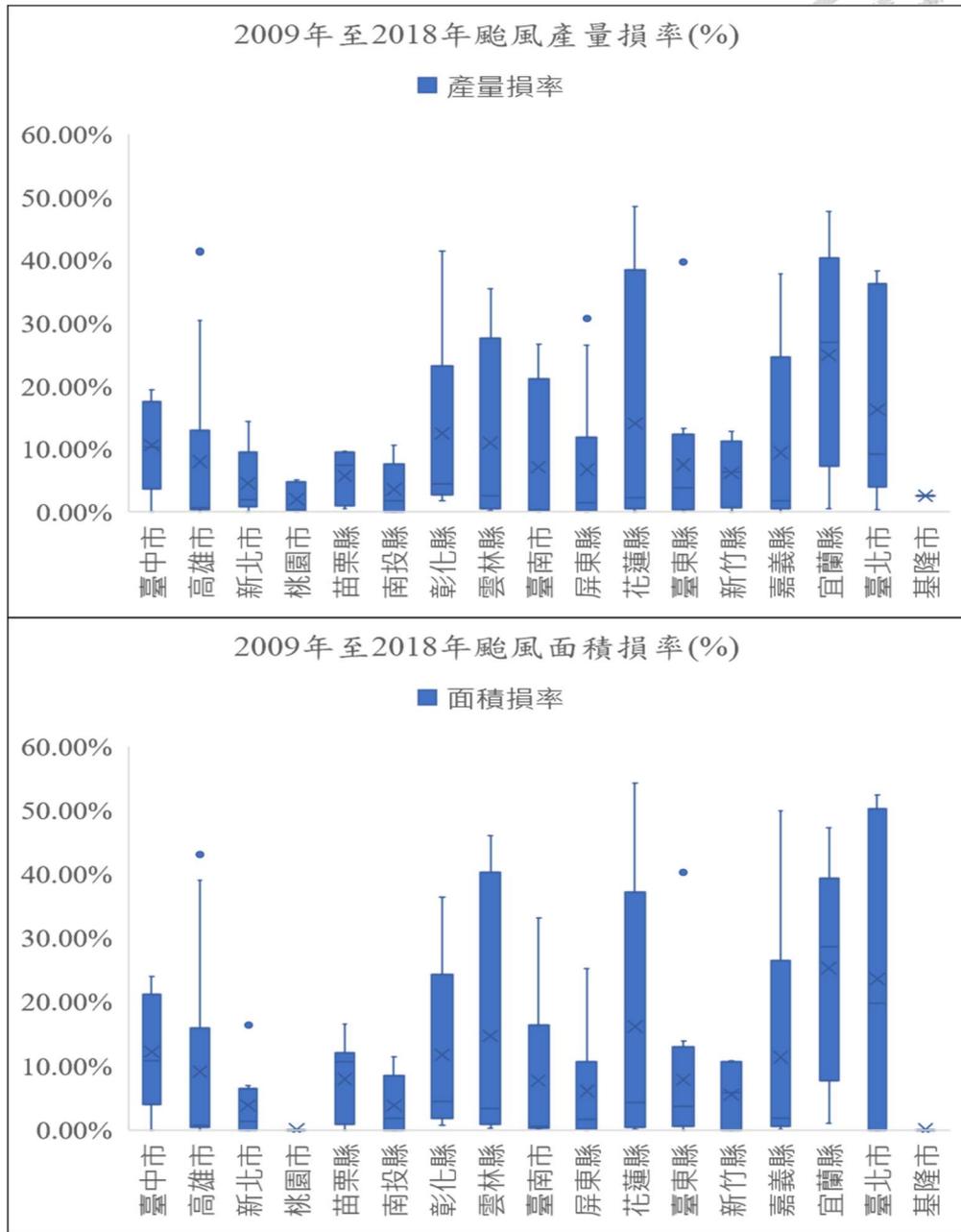


圖 3-8 2009 年至 2018 年各縣市颱風產量損率與面積損率四分位圖

資料來源：本研究整理自行政院農委會農糧署。



第三節 颱風的氣候因素⁵

從前一章的文獻回顧中了解到了，衡量颱風最主要的因素為氣候因素，換而言之便是風速和雨量等的氣候指標，因此本節蒐集中央氣象局颱風資料庫自 2009 年至 2018 年各個颱風的氣象資料，將颱風事件中最常使用的幾個氣候因素作分析，以了解颱風氣候因素的基本特性。

一、單日最強雨量⁶

按颱風事件時間先後排序來看，平均最大為 2009 年莫拉克颱風(438.87 毫米)、最小為 2009 年蓮花颱風(68.87 毫米);標準差最大為 2009 年莫拉克颱風(243.91)、最小為 2018 年瑪莉亞颱風，由圖 3-9 也可看出，各個颱風的單日最強雨量所造成的影響不同。

而在各地區中，平均最大為嘉義縣(296.72 毫米)，最小為基隆市(81.05);標準差最大為嘉義縣(209.10)、最小為基隆市，從統計資料中可以得知，高雄市、屏東縣與嘉義等中南部地區受到的損害次數與數值偏高，而臺北市、宜蘭縣等的北部地區受到的損害次數與數值則是偏低，由圖 3-10 可以看出，不同縣市受單日最強雨量影響的不同。

⁵ 詳細內容，請參考附錄三。

⁶ 單日最強雨量，為連續 24 時之累積雨量的最大值，單位為毫米。

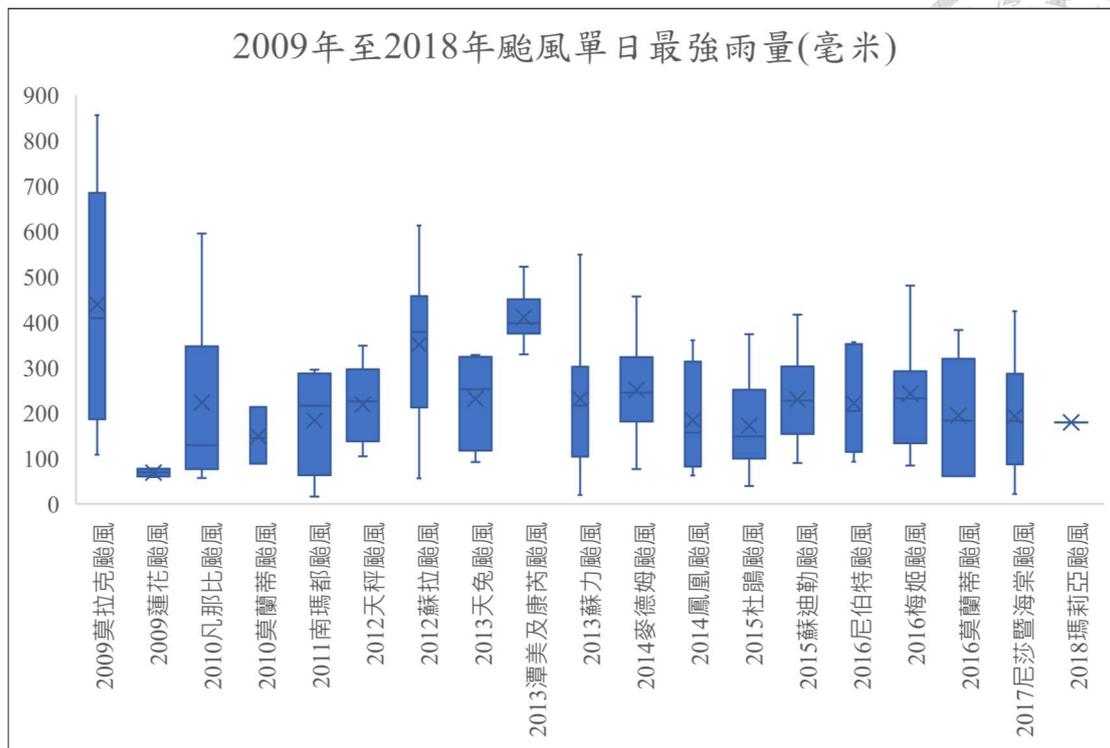


圖 3-9 2009 年至 2018 年各颱風單日最強雨量四分位圖

資料來源：本研究整理自中央氣象局。

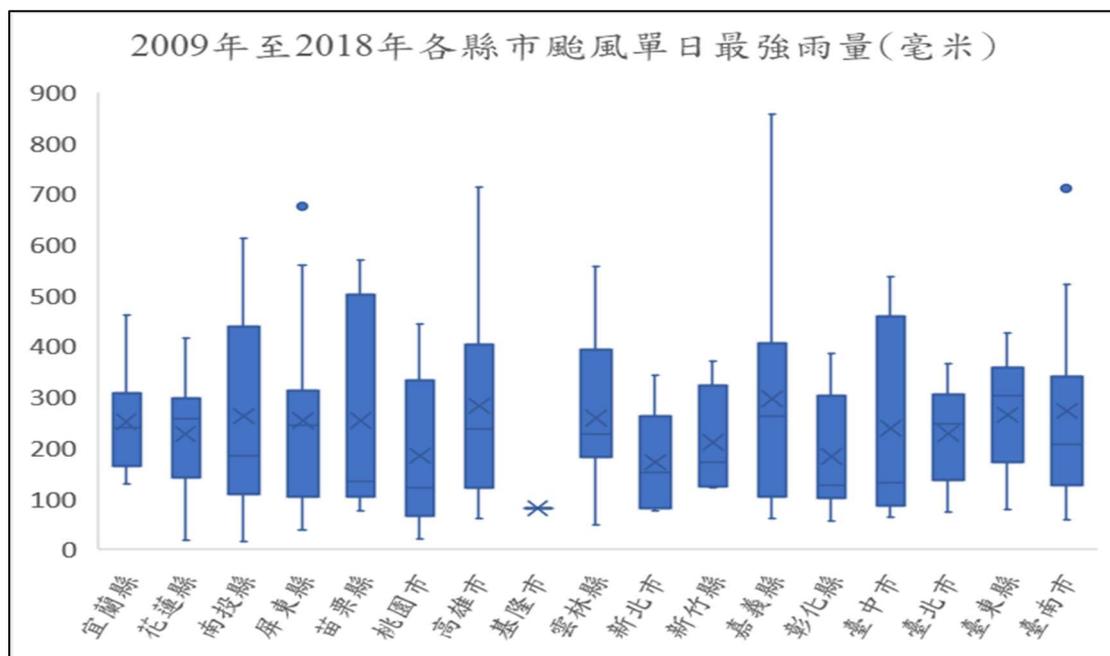


圖 3-10 2009 年至 2018 年各縣市颱風單日最強雨量四分位圖

資料來源：本研究整理自中央氣象局。



二、總累積雨量⁷

從過去颱風事件中，總雨量之平均最大為 2009 年莫拉克颱風(775.04 毫米)、最小為 2009 年蓮花颱風(88.93 毫米);標準差最大為 2009 年莫拉克颱風(405.47)、最小為 2018 年瑪莉亞颱風，由圖 3-11 也可看出，與單日最強雨量一樣，各個颱風的影響不同。

在各地區中，平均值最大為嘉義縣(366.9 毫米)，最小為基隆市(81.45 毫米);標準差最大為嘉義縣(338.41)，最小為基隆市，從統計資料中可以得知，高雄市、屏東縣與嘉義等中南部地區受到的損害次數與數值偏高，而臺北市、宜蘭縣等的北部地區受到的損害次數與數值則是偏低，從圖 3-12 也可以看出，各縣市受到颱風總累積雨量的影響不同。

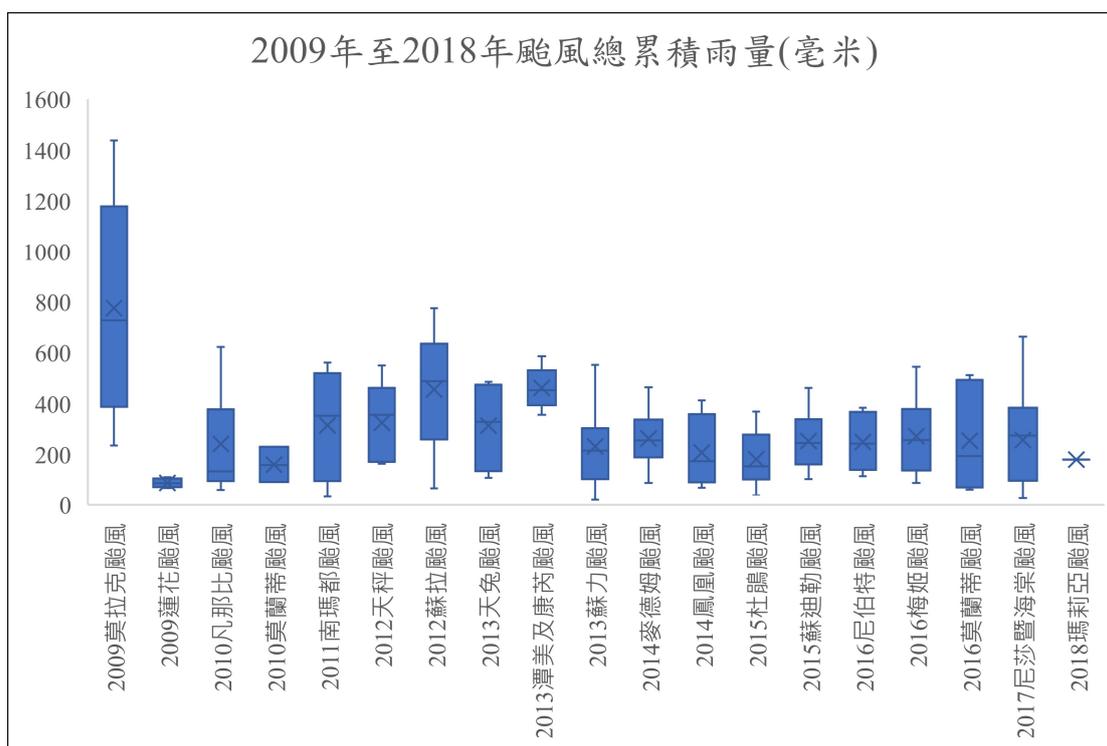


圖 3-11 2009 年至 2018 年各颱風總累積雨量四分位圖

資料來源：本研究整理自中央氣象局。

⁷ 總累積雨量，是指該颱風事件從開始到結束所累積的總雨量，單位為毫米。

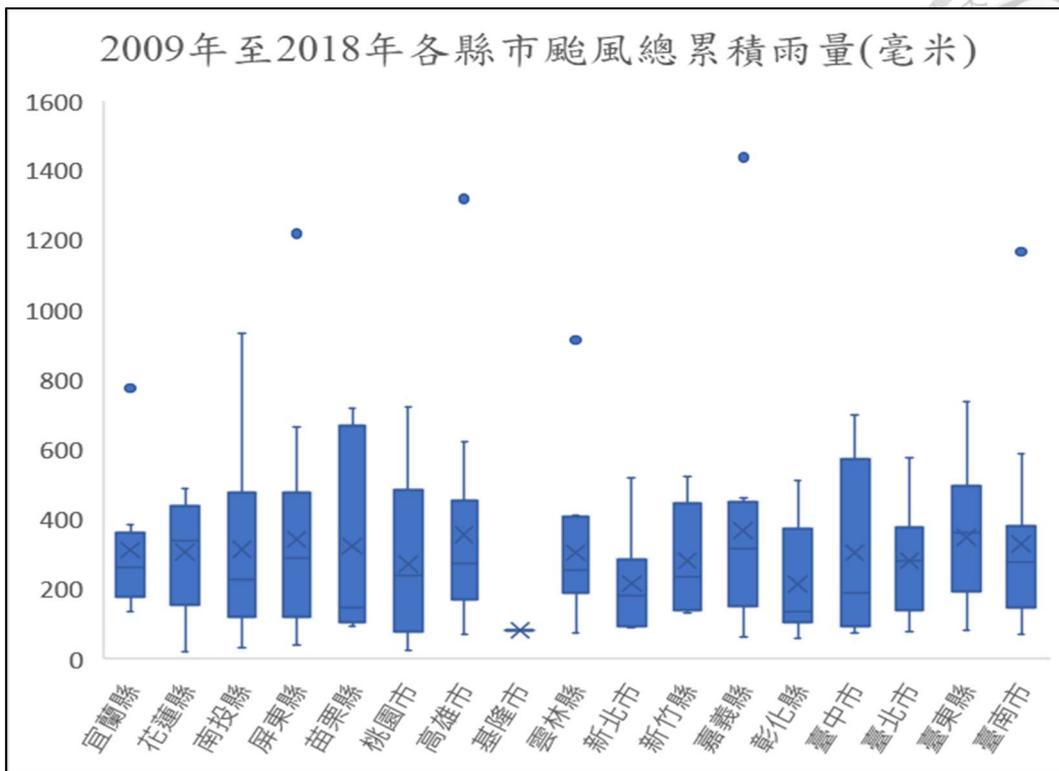


圖 3-12 2009 年至 2018 年各縣市颱風總累積雨量四分位圖

資料來源：本研究整理自中央氣象局。

三、最大瞬時風速⁸

由颱風風速之敘述統計可得知，最大瞬時風速之平均值最大為 2016 年梅姬颱風（每秒 37.20 公尺），最小為 2012 年蘇拉颱風（每秒 12.61 公尺）；標準差最大為 2014 年麥德姆颱風（4.30），最小為 107 年瑪莉亞颱風，由圖 3-13 也可看出，各個颱風的最大瞬時風速所造成的影響不同。

在各地區中，平均值最大為基隆市（每秒 35.58 公尺），最小為屏東縣（每秒 25.57 公尺）；標準差最大為桃園市（9.96），最小為基隆市，從統計資料中可以得知，高雄市、屏東縣與嘉義等中南部地區測得的風速值偏低，而臺北市、宜蘭縣等的北部地區測得的風速值則是偏高，從圖 3-14 可以看出，各縣市受到颱風最大瞬

⁸ 最大瞬時風速，是指以 3 秒為單位之風速再取最大值，單位為公尺/每秒。

時風速的影響也不相同。

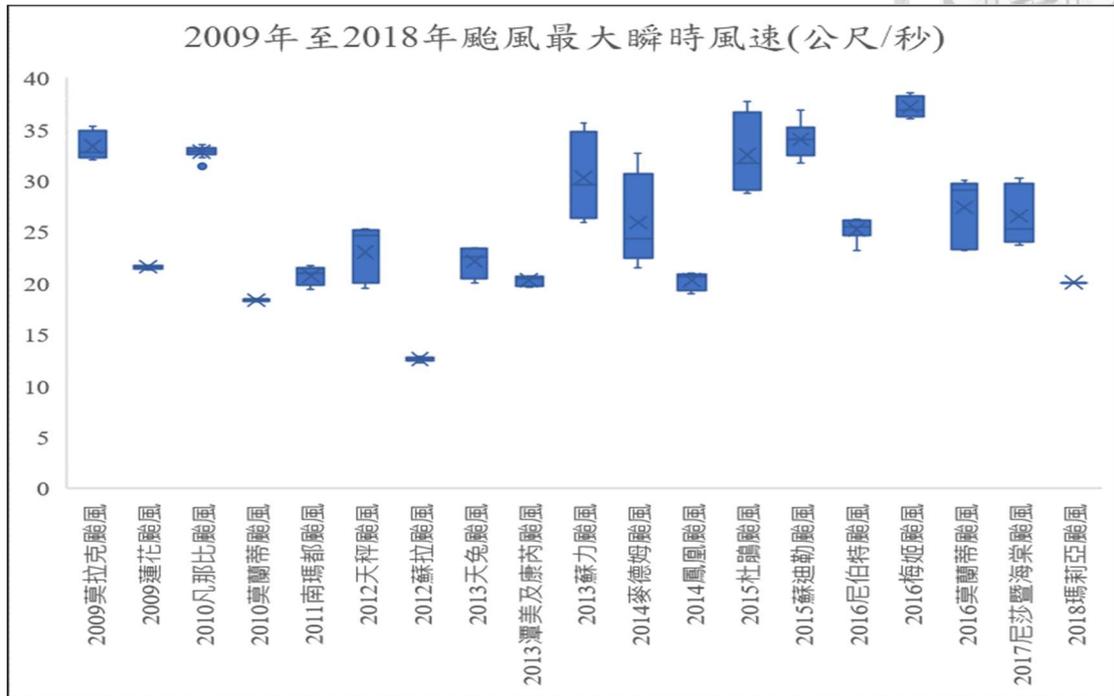


圖 3-13 2009 年至 2018 年各颱風最大瞬時風速四分位圖

資料來源：本研究整理自中央氣象局。

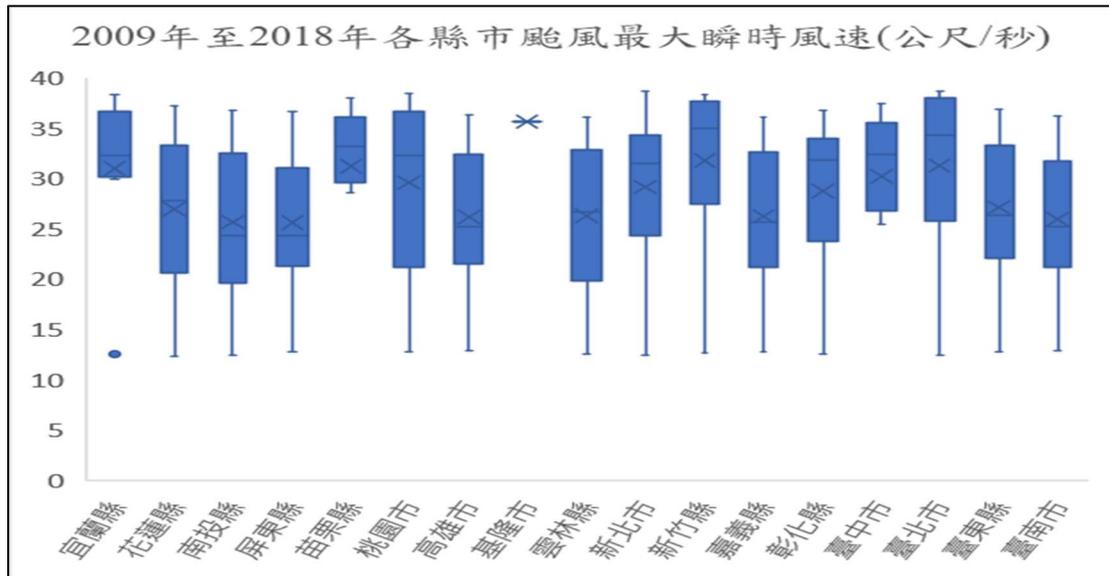


圖 3-14 2009 年至 2018 年各縣市颱風最大瞬時風速四分位圖

資料來源：本研究整理自中央氣象局。



四、風速門檻值

為了觀察出颱風風速的資料分佈，在這裡使用次數分配表來觀察分佈的狀況，表 3-7 為最大瞬時風速次數分配表，可以看出風速值大多分佈在平均值(27.59)之後的左偏分配，表示近年損害大多受到較強的颱風影響，目前對於各層級風速影響香蕉的損害尚未有明確的估計，因此需要加強對較強的瞬時風速分析。

表 3-7 最大瞬時風速次數分配表

風速 (公尺/秒)	頻率 (次)	累積百分比 (%)
17.2	16	9.04%
20	9	14.12%
20.23	3	15.82%
27.59	53	45.76%
<27.59	96	100.00%

資料來源：本研究整理。

五、近臺最低氣壓

根據中央氣象局的研究，颱風中心的氣壓值越低，在颱風內部會形成越大的氣壓梯度，使得越靠颱風中心風速會越大，亦即颱風會越強烈，因此在這裡以各個颱風採中央氣象局發布之氣壓數值做代表，觀察近 10 年入侵臺灣的颱風強度，而從表 3-8 與圖 3-15 中可以看出，在過去 10 年臺灣多受到中度颱風及強度颱風的影響，約占整體颱風的 8 成。



表 3-8 歷年颱風近臺最低氣壓敘述統計

颱風名稱	數值	強度
2009 年莫拉克颱風	955	中
2009 年蓮花颱風	980	輕
2010 年凡那比颱風	940	中
2010 年莫蘭蒂颱風	990	輕
2011 年南瑪都颱風	920	強
2012 年天秤颱風	945	中
2012 年蘇拉颱風	960	中
2013 年天兔颱風	910	強
2013 年潭美及康芮颱風	985	輕
2013 年蘇力颱風	925	強
2014 年鳳凰颱風	985	輕
2014 年麥德姆颱風	960	中
2015 年杜鵑颱風	925	強
2015 年蘇迪勒颱風	930	中
2016 年尼伯特颱風	905	強
2016 年梅姬颱風	940	中
2016 年莫蘭蒂颱風	990	輕
2017 年尼莎暨海棠颱風	955	中
2018 年瑪莉亞颱風	915	強

資料來源：本研究整理自中央氣象局。

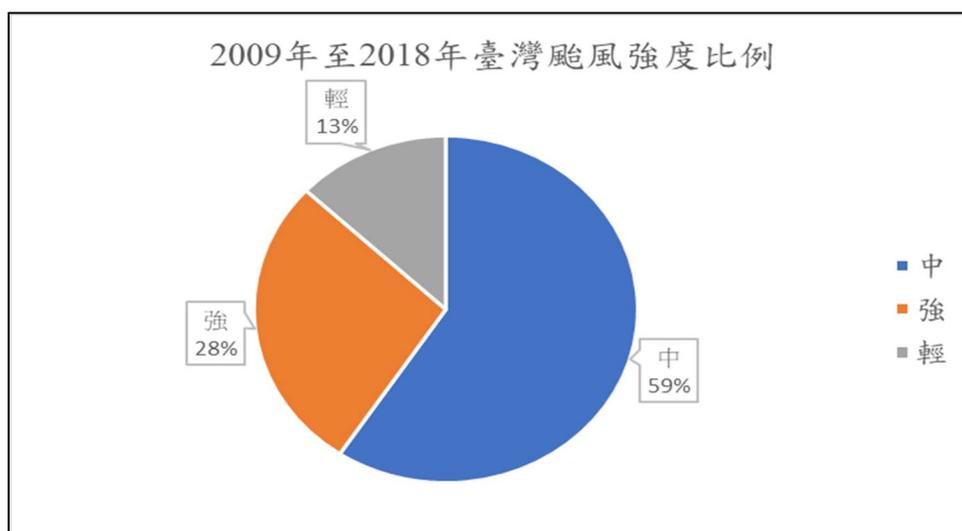


圖 3-15 2009 年至 2018 年臺灣颱風強度比例

資料來源：本研究整理自中央氣象局。



第四節 小結

在本章第一節的分析中可以得知，在過去的 12 年裡，香蕉產量在各個地區呈現穩定的趨勢，在此期間颱風事件為香蕉最主要受到的天然災害，從第二節中的時間分佈可以發現，颱風所帶來的損害經常十分的可觀，但將颱風個別觀察卻可以發現並非都會造成極大的損害，而從空間分佈來看，損失數量與損失面積都以中南部等主要產區偏高，但產量損率與面積損率卻以東北部等地區較高，這說明了雖然從產量或種植面積都以中南部為最多，但東北部等非主產區損害程度卻也不比主要產區要低。

而從第三節可以知道，香蕉主要受到颱風雨量、風速、氣壓等的氣候因素影響，這裡將損害較嚴重的 2009 年莫拉克颱風、2010 年凡那比颱風與 2015 年蘇迪勒颱風篩選出來做討論，從圖 3-16、圖 3-17、圖 3-18 可以發現，中南部地區受到雨量影響較大，而東北部則是相對較小，另外也可以發現東北部及東南部地區受到風速較強，而中南部則是相對較弱。

因此可以了解到，香蕉除了受到氣候因素的影響之外，也會受到地理位置的與地形的影響，主要原因可能與該地區是否有山脈阻擋颱風有很大的關係，這說明不同地區受到氣候因素的影響，可能會因為地形的不同，使得評估損害時所需要的比重會有不同，因此在後續的分析也會將地理位置或是地形等地理因素納入考慮。

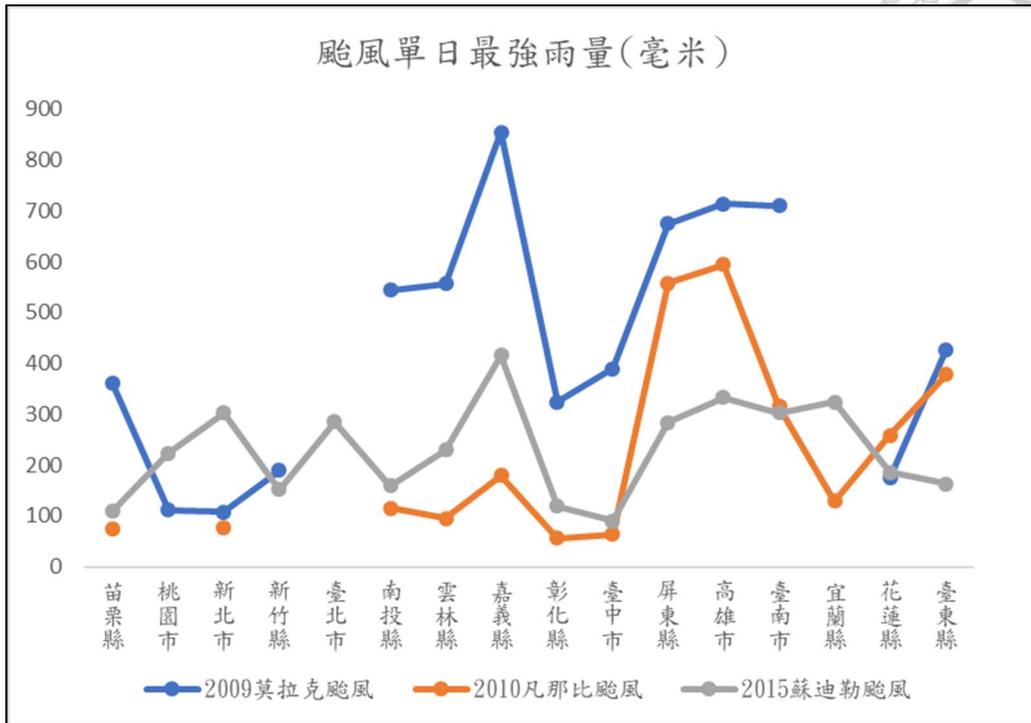


圖 3-16 各地區颱風單日最強雨量趨勢圖

資料來源：本研究整理自中央氣象局。

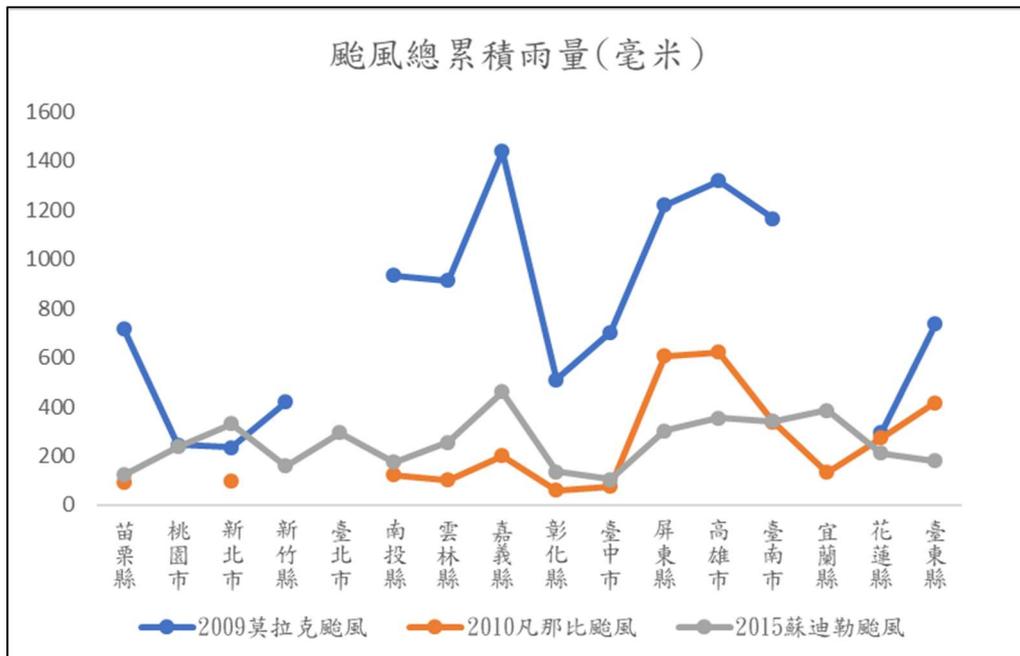


圖 3-17 各地區颱風總累積雨量趨勢圖

資料來源：本研究整理自中央氣象局。

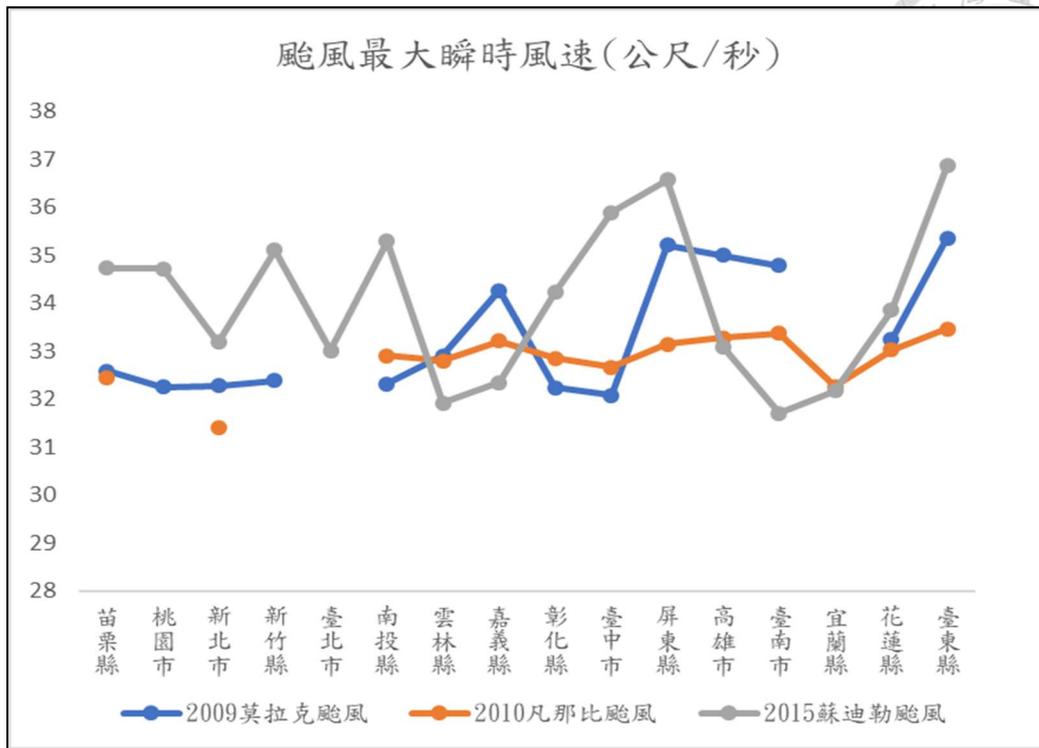


圖 3-18 各地區颱風最大瞬時風速趨勢圖

資料來源：本研究整理自中央氣象局。

第四章 研究方法與資料處理



本節主旨在分析實證模型資料，第一節為模型設計，第二節為變數設定，第三節為資料來源與處理，第四節為敘述統計，第五節為相關性分析，第六節為小結。

藉由文獻回顧中所使用的研究方法設定本研究的損失模型，並根據香蕉的生長特性選取適當的變數，作為後續模型的分析，依據設定的變數蒐集所需的氣象與災損資料並進行資料處理，將整理的資料作一般敘述統計以觀察資料的分佈，最後進行相關性分析以瞭解被解釋變數與解釋變數之關係。

第一節 實證模型設定

在過去評估氣候災損的文獻中，都只單獨考慮損失面積或是損失數量，而本研究認為評估天然災害所帶來的影響，需要更加全面地去考量，因此本研究將同時評估損失面積與損失數量，以便更全面分析香蕉農業氣象損害。

本研究認為也應將各地區損害的嚴重程度納入考量，從上一章的分析可知，各地區種植的面積與產量各不相同，農業損害的多寡也可能是因為單一地區種植比例較高所導致，目前植株保險也以倒伏面積比例做為賠償的基準，因此本研究另將損失面積與數量分別再計算出損失率作為研究之分析。

本研究參考丘媚萍(2011)所使用之損失模型，蒐集氣候資料並集中分析颱風事件，解釋變數使用最大瞬時風速、單日最強雨量、總累積雨量、近臺灣最低氣壓與坡地比例，其中為配合颱風特性與地區特性，另設置風速門檻值、颱風路徑與縣市之虛擬變數；被解釋變數分為損失數量、損失面積、產量損率與面積損率，實證模型設定如下：



1. 損失數量函數

$$\begin{aligned} & LOSS\ KG_i \\ & = F(WIND\ MAX_i, WIND\ TH_i, WIND \\ & \quad \times TH_i, MAX\ 24H_i, SUM\ MAX_i, PRESSURE_i, RATE_i, COUNTY_i, PATH_i) \end{aligned} \quad (1)$$

2. 損失面積函數

$$\begin{aligned} & LOSS\ HA_i \\ & = F(WIND\ MAX_i, WIND\ TH_i, WIND \\ & \quad \times TH_i, MAX\ 24H_i, SUM\ MAX_i, PRESSURE_i, RATE_i, COUNTY_i, PATH_i) \end{aligned} \quad (2)$$

3. 產量損率模型

$$\begin{aligned} & LOSS\ KG\ RATE_i \\ & = F(WIND\ MAX_i, WIND\ TH_i, WIND \\ & \quad \times TH_i, MAX\ 24H_i, SUM\ MAX_i, PRESSURE_i, RATE_i, COUNTY_i, PATH_i) \end{aligned} \quad (3)$$

4. 面積損率模型

$$\begin{aligned} & LOSS\ HA\ RATE_i \\ & = F(WIND\ MAX_i, WIND\ TH_i, WIND \\ & \quad \times TH_i, MAX\ 24H_i, SUM\ MAX_i, PRESSURE_i, RATE_i, COUNTY_i, PATH_i) \end{aligned} \quad (4)$$

左項為被解釋變數，包括：

式(1) LOSS KG 代表各縣市各颱風事件之災損數量（公斤）。

式(2) LOSS HA 代表各縣市各颱風事件之災損面積（公頃）。

式(3) LOSS KG RATE 代表各縣市各颱風事件災損量與整年產量之比值。

式(4) LOSS HA RATE 代表各縣市各颱風事件損失面積與種植面積之比值。

右項為解釋變數，包括：

WIND MAX: 最大瞬時風速（公尺/秒）。

WIND TH: 風速門檻值之虛擬變數。

WIND×TH: 風速與風速門檻值之交乘項。

MAX 24H: 單日最強雨量（毫米）。

SUM MAX: 總累積雨量（毫米）。

PRESSURE: 近臺最低氣壓（百帕）。

RATE: 坡地比例（百分比）。

COUNTY: 縣市之虛擬變數。

PATH: 颱風路徑之虛擬變數。



上方以損失函數之列式，為方便觀察各氣候因素對於災損的影響，將氣候因素取自然對數，以了解各氣候因素變動百分之一時損害的變化，再將上方函數以方程式改寫，可改為：

1. 損失數量函數

$$\begin{aligned} \ln \text{LOSS KG}_i &= \beta_0 + \beta_1 \ln \text{WIND}_i + \beta_2 \text{WIND TH}_i + \beta_3 \ln \text{WIND} \times \text{TH}_i \\ &\quad + \beta_4 \ln \text{Rain}_i + \beta_5 \ln \text{PRESSURE}_i + \beta_6 \text{RATE}_i + \beta_7 \text{COUNTY}_i \\ &\quad + \beta_8 \text{PATH}_i + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (5)$$

2. 損失面積函數

$$\begin{aligned} \text{LOSS HA}_i &= \beta_0 + \beta_1 \ln \text{WIND}_i + \beta_2 \text{WIND TH}_i + \beta_3 \ln \text{WIND} \times \text{TH}_i \\ &\quad + \beta_4 \ln \text{Rain}_i + \beta_5 \ln \text{PRESSURE}_i + \beta_6 \text{RATE}_i + \beta_7 \text{COUNTY}_i \\ &\quad + \beta_8 \text{PATH}_i + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (6)$$

3. 產量損率函數

$$\begin{aligned} \text{LOSS KG RATE}_i &= \beta_0 + \beta_1 \ln \text{WIND}_i + \beta_2 \text{WIND TH}_i + \beta_3 \ln \text{WIND} \times \text{TH}_i \\ &\quad + \beta_4 \ln \text{Rain}_i + \beta_5 \ln \text{PRESSURE}_i + \beta_6 \text{RATE}_i + \beta_7 \text{COUNTY}_i \\ &\quad + \beta_8 \text{PATH}_i + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (7)$$

4. 面積損率模型

$$\begin{aligned} \text{LOSS HA RATE}_i &= \beta_0 + \beta_1 \ln \text{WIND}_i + \beta_2 \text{WIND TH}_i + \beta_3 \ln \text{WIND} \times \text{TH}_i \\ &\quad + \beta_4 \ln \text{Rain}_i + \beta_5 \ln \text{PRESSURE}_i + \beta_6 \text{RATE}_i + \beta_7 \text{COUNTY}_i \\ &\quad + \beta_8 \text{PATH}_i + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (8)$$

式(5)、式(6)、式(7)及式(8)中下標 i 為 177 筆香蕉損失之樣本； β 為待估計之參數； ε_i 為隨機誤差。



第二節 變數設定

本節旨在說明各變數之設定，將分為被解釋變數與解釋變數兩部分進行說明，表 4-1 為模型變數之設定。

表 4-1 變數設定

變數代號	變數名稱	單位	說明
被解釋變數			
LOSS_KG	損失數量	公斤	各縣市受各颱風損害之香蕉數量。
LOSS_HA	損失面積	公頃	各縣市受各颱風損害之香蕉面積。
LOSS_KG_RATE	產量損率	百分比	各縣市受各颱風損害之香蕉數量與總生產量之比值。
LOSS_HA_RATE	面積損率	百分比	各縣市受各颱風損害之損失面積與總種植面積之比值。
解釋變數			
氣象因素			
風速			
WIND_MAX	最大瞬時風速	公尺/秒	每 3 秒為單位之平均風速中再取最大值。
17.2m	風速門檻值		門檻值當下之截距變化。
20m			
20.23m			
27.59m			
17.2m×WIND	風速與門檻交乘項		門檻值後之斜率變化。
20m×WIND			
20.23m×WIND			
27.59m×WIND			
雨量			
MAX_24H	單日最強雨量	毫米/天	該縣市颱風事件期間，連續 24 時之累積雨量中再取最大值。
SUM_MAX	總累積雨量	毫米/事件	該縣市颱風事件期間，總

氣壓

PRESSURE 近臺最低氣壓 百帕

累積雨量中再取最大值。

該颱風最接近臺灣的最低氣壓。

地理因素

RATE 坡地比例 百分比

該縣市蕉園坡地佔總蕉園之比值。

縣市

TPE 臺北市
KEL 基隆市
NTPC 新北市
TYN 桃園市
HSZ 新竹縣
ZMI 苗栗縣
TXG 臺中市
NTC 南投縣
CHW 彰化縣
YUN 雲林縣
CYI 嘉義縣
KHH 高雄市
TNN 臺南市
PIF 屏東縣
ILA 宜蘭縣
HUN 花蓮縣

縣市之虛擬變數，本研究以臺東縣為對照組。

路徑

PATH1 路徑 1
PATH2 路徑 2
PATH3 路徑 3
PATH4 路徑 4
PATH5 路徑 5
PATH6 路徑 6
PATH9 路徑 9

颱風路徑之虛擬變數，本研究以路徑 10 為對照組。

資料來源：本研究整理。



一、被解釋變數

由農委會取得之損害資料做整理，可以將農業氣象災害大致分為旱災、強風、寒害、豪雨、與颱風，本研究著重在災損比例最大的颱風事件，而為更全面分析損害的全貌，又將災損分為面積災損與產量災損，以便分析真實的損害情形，如簡榮成(2020)使用芒果損失產量進行分析，而本研究為貼近真實之損害評估，另估算出產量損率與面積損率，去除單位所帶來的影響以便更加瞭解災害的情況。

二、解釋變數

(一)氣象因素

1 最大瞬時風速

風害為香蕉主要的損害原因之一，風速主要會造成葉面破損、折枝、植株倒伏等的災害，過去就使用逐日最大風速與逐月最大 2 分鐘風速衡量損害(招偉文等，2018；翟志宏等，2014)，本研究選用最大瞬時風速作為解釋變數，也可指陣風的風速，採用 3 秒為單位之風速中再取最大值作為解釋變數。

2 風速門檻值

朱慶國(1987)總結風速對於香蕉之影響，颱風風速大於 10、20 與 30 公尺/秒會造成香蕉不同的損害，表示損害在不同的風速下應會有不同的損害程度，因此以該研究結果設定風速門檻之虛擬變數與交乘項，另參考香蕉植株保險之風速門檻值 17.2 公尺/秒(農委會，2020)，以分析不同層級風速對於損害的影響。

3 單日最強雨量

雨害也是損害的主因之一，選用單日最強雨量為解釋變數，主要是想探討雨量的強度對損害的影響程度，短時間的強降雨會造成葉面、花蕊破損、折枝等災害，在過去的文獻中也將該變數納入考量(中央氣象局，2012；蔡大鑫等，2013)，本研究採用單日最強雨量為解釋變數。



4 總累積雨量

該解釋變數主要探討雨量累積所帶來的損害程度，雨量造成損害也包含長時間的累積，臺灣香蕉研究所(1988)提到土壤含水量超過 80%便會使得根部受到不可逆的損傷，中央氣象局(2012)就將總累積雨量納入考量，本研究採用颱風事件期間在該縣市累積的總雨量作為解釋變數。

5 近臺最低氣壓

氣壓為表現颱風強度的變數之一，颱風中心氣壓越低，內部的氣壓梯度越大，風速也會越強(交通部中央氣象局，2021)，簡榮成(2020)使用月平均氣壓作為衡量的依據，本研究採用颱風最接近臺灣時之最低氣壓作為解釋變數。

(二)地理因素

坡地比例

臺灣香蕉的種植方式大致可兩類，更新栽培與宿根栽培，更新栽培是指每當香蕉收穫後砍除蕉株，再重新種植一次，宿根栽培則是利用舊有的蕉株培育新的幼苗(賴宏輝，1985)，後者通常是在缺水的山坡地上使用，由於是延續舊有的蕉株作栽培，通常高度會比更新栽培要來的高大，會較容易受到風害的影響，因此本研究欲藉由推估山坡地占總種植面積的比例，區別出使用宿根栽培的地區，透過設定坡地比例的方式，來評估種植方式對於颱風損害的影響。

(三)地區與颱風特性

1 縣市

丘媚萍(2011)和簡榮成(2020)總結出在不同地區的縣市面對颱風時會受到影響的程度會不同，藉由設置縣市之虛擬變數，分析各縣市之間面對颱風事件時是否有不同的影響。



2 路徑

丘媚萍 (2011) 總結出颱風路徑的不同，所影響的地區也會不同，根據中央氣象局統計 (圖 4-1)，登陸臺灣的颱風大約分為 10 類，藉由設置路徑之虛擬變數，分析各颱風路徑間是否有不同的影響。

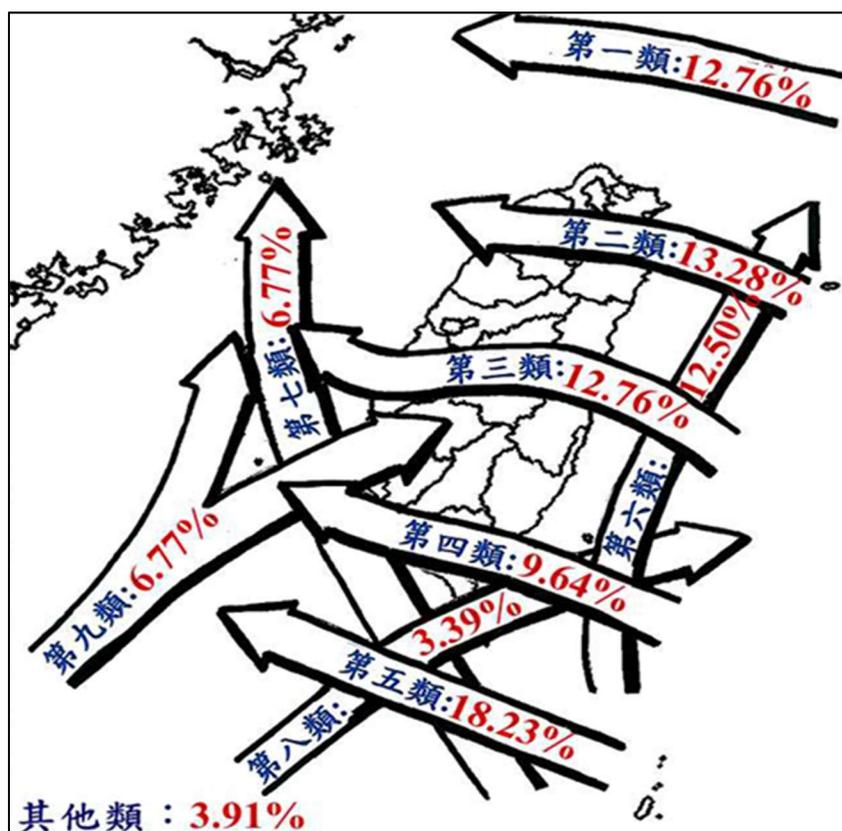


圖 4-1 臺灣颱風路徑統計圖

資料來源：中央氣象局 (2021)。



第三節 資料來源與處理

本研究蒐集行政院農業委員會農業統計資料查詢網中，各年度臺閩地區農作物災害損失之香蕉颱風災損資料，與中央氣象局颱風資料庫中臺灣各縣市 33 個人工測站與 581 個自動測站共 614 個測站之氣象資料，資料涵蓋 2009 年至 2018 年共計 10 年，篩選於研究期間有發生颱風災損之時段。

一、被解釋變數

由於香蕉因種植條件容易，全臺灣幾乎都可看到種植的蹤跡，最細可探究至鄉鎮別，但是由於個別鄉鎮資料單筆的值不大，且颱風所造成的災損每年發生情形不一，因此本研究以縣市別作為資料單位，其中嘉義市與新竹市資料樣本數過少且數值不大，因此分別合併至嘉義縣與新竹縣中。本研究被解釋變數包括以下四個面向：

損失數量

損失數量由各年度氣象災損中篩選出各年因為颱風所造成災損，並以縣市別為單位做整理，為計算方便將損失數量取自然對數作分析。

損失面積

按照農委會臺閩地區農作物災害損失年報定義，損失面積為作物被害面積（實際遭受損害之面積）乘以損害程度（收穫量減少之百分比）之乘積推估之無收穫面積，同樣篩選颱風損害之面積並以縣市別做整理。

產量損率

產量損率為各別颱風之香蕉損失量與當年度總產量的比值，以縣市別做整理，其中總產量為實際產量與總損失量的總和。



面積損率

面積損率為各別颱風損失面積與總種植面積的比值，以縣市別做整理。

二、解釋變數

實證模型的解釋變數主要為氣象因子，本研究資料取自中央氣象局颱風資料庫中 2009 年至 2018 年各地區氣象站之逐時資料⁹，包含 33 個人工測站與 581 個自動測站，共 614 個測站。

首先將氣象資料與香蕉受颱風災損期間做比對，並從中篩選出颱風事件期間之資料，再來為避免海拔過高影響氣象數據的準確性，本研究以海拔 500 公尺作為海拔高度作為門檻值，以去除高度極端的氣象測站資料，最後透過 QGIS 軟體將香蕉農地土地覆蓋圖及臺灣地勢圖進行套疊，從中篩選出鄰近於香蕉蕉園的氣象測站，以作為本研究各縣市之氣象資訊。

最大瞬時風速

最大瞬時風速為每 3 秒為單位之風速再取最大值，本研究將氣象測站以縣市做分類，並從各縣市經由篩選後的測站中，選出各颱風事件中數值最大者，作為該縣市在該颱風事件中之值。

風速門檻值

門檻值分為兩部分，分別是截距的變化與斜率的變化，本研究參考朱慶國（1987）瞬時風速對於香蕉之影響，但從風速的次數分配圖（圖 4-2）可知樣本大多落在平均值(27.59)之後，可以看出以每秒 10 公尺做為門檻並不合適，而現行香蕉植株保險使用中央氣象局所公布輕度颱風的最低風速每秒 17.2 公尺作為保險賠償的基準，因此為符合植株保險與颱風風速特性，本研究除採用

⁹ 逐時資料為 0 時至 24 時為單位之資料。



每秒 17.2 公尺與每秒 20 公尺以外，另選用平均值 (27.59) 與前一標準差之值 (20.23) 作為研究之風速門檻值，以判斷不同階段之風速對於損害的影響 (表 4-2)。

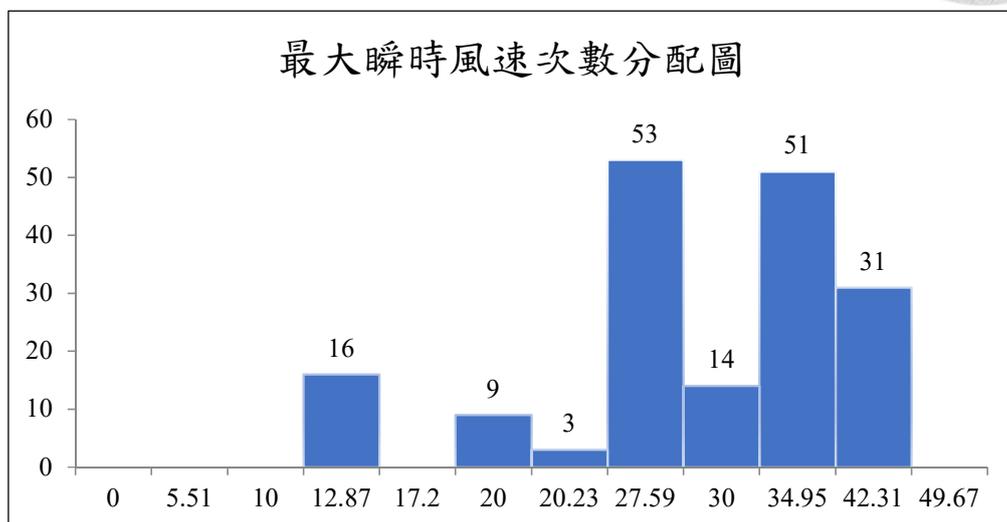


圖 4-2 最大瞬時風速次數分配圖

資料來源：本研究整理。

表 4-2 颱風風速門檻值

單位：公尺/每秒

門檻值	參考來源
17.2	香蕉收入保險 (2020)
20	朱慶國 (1987)
20.23	本研究
27.59	

資料來源：本研究整理。

單日最強雨量

單日最強雨量為連續 24 時之累積雨量的最大值，本研究將氣象測站以縣市做分類，並從各縣市經由篩選後的測站中，選出各颱風事件中數值最大者，作為該縣市在該颱風事件中之值。



總累積雨量

總累積雨量為從颱風事件發生之起始日至結束日之累積雨量的最大值，本研究將氣象測站以縣市做分類，並從各縣市經由篩選後的測站中，選出各颱風事件中數值最大者，作為該縣市在該颱風事件中之值。

近臺最低氣壓

本研究使用中央氣象局在各個颱風中測出之近臺灣最低氣壓，作為該縣市在該颱風事件中之值。

地理因素

坡地比例為該縣市坡度 5 度以上之種植面積與蕉園總種植面積的比值，本研究將農試所香蕉農地土地覆蓋圖資按縣市進行歸類，並利用內政部國土測繪中心之 20 公尺x20 公尺之臺灣地形圖資作覆蓋，使用 QGIS 軟體內建之函數進行坡度運算，以坡度 5 度作為門檻值，將各蕉園 5 度以上之網格數除以總蕉園之網格數，作為該縣市使用宿根栽培之比例。



第四節 敘述統計

本研究使用 2009 年至 2018 年共 10 年行政院農委會香蕉災損資料，及中央氣象局颱風風速、雨量資料，總共有 19 個颱風事件¹⁰及 17 個縣市¹¹，總樣本數為 177 個，變數之敘述統計如下表 4-3。

表 4-3 損失模型變數之敘述統計

變數名稱	平均值	標準差	最小值	最大值
被解釋變數				
損失數量	2,097,406	4,863,785	120	33,400,000
損失面積	94.25	207.57	0.00	1,470.00
產量損率	0.09	0.12	0.00	0.49
面積損率	0.10	0.14	0.00	0.54
解釋變數				
氣象因素				
風速				
最大瞬時風速	27.59	7.36	12.31	38.62
17.2m	0.91	0.29	0	1
20m	0.86	0.35	0	1
20.23m	0.84	0.37	0	1
27.59m	0.54	0.50	0	1
17.2m×WIND	3.05	0.98	0	3.65
20m×WIND	2.90	1.19	0	3.65
20.23m×WIND	2.84	1.25	0	3.65
27.59×WIND	1.90	1.75	0	3.65
雨量				
單日最強雨量	247.87	156.93	15.93	855.50
總累積雨量	313.79	239.38	19.65	1,437.71
近臺灣最低氣壓	945.20	21.94	905.00	990.00
坡地比例	0.32	0.22	0.00	0.91

資料來源：本研究整理。

¹⁰ 99 南修暨萊羅克、106 天鴿、107 山竹，因缺失氣象資料，故不包含在本研究中。

¹¹ 本研究不包含外島（金門縣、連江縣），新竹市與嘉義市各別合併至新竹縣與嘉義縣中。

表 4-3 為變數之敘述統計，損失數量平均值為 12.34 公斤，損失面積平均值為 94 公頃，產量損率平均值為 0.09，面積損率平均值為 0.10，最大瞬時風速平均值為每秒 28 公尺，單日最強雨量平均值為 248 毫米，總累積雨量平均值為 314 毫米，近臺灣最低氣壓平均值為 945 百帕，坡地比例平均值為 0.32。





第五節 相關係數分析¹²

由上述的分析可以了解到資料的一些基本特性，接著最重要的便是變數之間的關係，本節將針對各個變數之間的關係做進一步的分析，目的在於事前了解各個變數之間的關聯性。

提到變數之間的相關性，一般都使用相關係數作為衡量的依據，而常用的方法可大致分為兩類，分別是 Pearson 相關係數與 Spearman 相關係數，前者通常用來衡量連續型變數之間的相關性，且須在符合常態假設的前提下才最為精準；而後者變數之間不須符合常態假設，只要求資料是呈現有序型態便可使用。Pearson 相關係數與 Spearman 相關係數最大的不同是，前者為檢測出變數間是否為線性的關係，而後者檢測的是變數之間的單調關係，這表示不須是線性關係也可以看出變數之間的關係。

在使用上 Spearman 相關係數的彈性較為靈活，但本研究使用模型為線性函數，因此在本節將使用 Pearson 相關係數做後續的分析，以瞭解變數之間的關係，表 4-4 為本節相關係數相關性的參考值。

表 4-4 相關係數相關性之參考值

相關係數（絕對值）	相關性
0.0 至 0.09	無
0.1 至 0.3	弱
0.3 至 0.5	中
0.5 至 1.0	強

資料來源：Cohen (2013)。

¹² 詳細內容請參考附錄四。



一、損失數量

由相關係數可知，氣候因素中除 PRESSURE (近臺灣最低氣壓) 為負相關外，Wind_MAX (最大瞬時風速)、Sum_MAX (總累積雨量)、Max_24H (單日最強雨量) 與風速門檻值都與損失數量為正相關。而從相關性來看，Max_24H 為氣候因素中最強，地理因素 RATE (坡度比例) 則呈現弱的負相關，虛擬變數中縣市除北區，其他三個地區呈現正相關居多，路徑則是路徑 3 與路徑 4 呈現正相關。

二、損失面積

氣候因素與損失數量相同，可以看出風速、雨量的係數都是呈現正相關，Max_24H 為其中呈現最強的正相關，也隱含值越大造成的損失數量就越多，坡度比例也呈現弱的負相關，在虛擬變數中，縣市大都呈現負相關，路徑則是路徑 3 和路徑 4 呈現正相關。

三、產量損率

在氣候因素中可以看出，風速和雨量都呈現正相關，而與損失數量和損失面積不同的是，風速之相關係數要比雨量大，表示風速帶來的影響比雨量還要明顯，這說明將產量會算成損失率後，確實會使得解釋變數的影響有所改變。坡度比例同樣呈現負相關，虛擬變數中，縣市中區和東區呈現正相關，而路徑中路徑 3、路徑 4 呈現正相關。

四、面積損率

氣候變數中風速的係數比雨量還要大，這表示風速的影響比雨量要來的明顯，坡度比例同樣呈現負相關，在虛擬變數中，縣市中區及東部呈現正相關，而路徑 3 及路徑 4 呈現正相關。



第六節 小結

本章為分析資料的基本特性，首先為變數的敘述統計分析，由損失數量與面積的敘述統計可以觀察出，以屏東縣、高雄市、嘉義縣等中南部的地區受到颱風影響最為明顯，看得出主要產區損失最為嚴重，而颱風作為最大的致災事件，影響的程度也是呈現兩極的變化，以損失數量為例，總損失最大 2015 年蘇迪勒颱風（75,026,408 公斤）與最小 2018 年瑪莉亞颱風（968 公斤）兩者差距為 7 萬倍之多，可以看出颱風對於香蕉產出是具有極大威脅性。

颱風主要的特徵是風速、雨量，從氣候因素的敘述統計分析中可以得知，風速以中北部影響最為明顯，雨量則是以中南部影響最為明顯；臺灣地理位置與地形分佈特殊，因此也將其考慮在內，由敘述統計可知過去颱風路徑多以東向西方進行，而中部與南部發生損害的次數最高，可以得知與颱風行經的特性有關；北部損失會相較南部要少，或許與中北部坡度比例高的地形分佈有關。

最後是被解釋變數與解釋變數的相關性分析，由結果可以觀察出，最大瞬時風速、總累積雨量與單日最強雨量都與損害呈現正相關，這也就說明颱風風速、雨量越大，造成的損失便會越多，而近臺最低氣壓則呈現負相關，表示氣壓越低損失會越大，而坡地比例呈現負相關，表示種植在坡地的比例越大，損害會越低，虛擬變數中可以看出不同縣市與不同路徑也會導致損害的不同。

整體而言，本章的分析結果與過去的文獻和前章節的分析結論相同，從資料分析中也可以發現特別之處，下一章實證結果分析也會延續本章所觀察到結果，做更進一步的分析。

第五章 實證結果與分析



本章主旨在分析模型結果與比較，第一節為常態分配檢測，第二節為過去模型比較，第三節為颱風損失模型，第四節為小結。

本研究使用 Stata 統計軟體進行損失模型的評估，使用最小平方估計迴歸模型進行分析，利用 P-P Plot 圖、Q-Q Plot 圖、殘差圖與 BP 檢定(Breusch-Pagan Test) 檢測資料是否符合複迴歸線性模型基本假設，損失模型分為損失數量模型、損失面積模型、產量損率模型與面積損率模型，分析解釋變數對於損害影響，其中再將風速和雨量做更細部的分析，與過去的研究結果作比較，最後則是建構香蕉颱風損失模型。

第一節 常態分配檢測

本研究採用 P-P Plot 圖與 Q-Q Plot 圖檢測資料是否符合常態分配的假設，前者假設資料為常態，資料累積比例與常態分佈累積比例會保持一致；後者為假設資料為常態，資料累積比例與常態分佈累積比例會保持一致，兩者主要都是來判斷資料是否符合常態分配，並且將實際資料分佈作為橫軸，常態分佈作為縱軸，當散佈的點越集中在 45 度線上時，則越接近常態分配，由結果得出各個變數都非常貼近直線，符合常態分配。

後續使用 BP 檢定檢測異質變異數，其中損失面積、產量損率與面積損率有異質變異數，從殘差圖中也可以看出殘差值分佈並不一致，因此以異質穩健標準誤繼續進行後續的分析。



第二節 過去模型比較

本節分為兩部分，第一部分為降雨量分析，在丘媚萍（2011）的研究中可以得知雨量在短時間與長時間有不同的影響，本研究為了解雨量短時間與長時間的影響，將雨量分為單日降雨與總累積降雨作分析，將兩變數各自代入模型，觀察其變數變化與其模型解釋力；第二部分為風速分析，根據過去文獻與颱風特性設定風速門檻值，以了解風速門檻對於各個模型的影響及變化，並以現行香蕉收入保險 17.2 公尺/每秒做對照，以討論現行保險所設定之條件是否合適。

一、雨量分析¹³

此部分分析在說明短時間降雨與長時間降雨對於損害的影響，在本研究中使用單日最強雨量和總累積雨量作為模型的解釋變數，並在控制其他因素（如坡地比例、縣市與路徑）下，將兩個雨量變數分別放置模型中以觀察其變化，由四個模型的分析都可以觀察出最大瞬時風速為主要影響災損的因素，其次則是雨量。

由模型結果可以看出四個模型皆顯示單日最強雨量的影響較總累積雨量要大，這表示短時間強降雨對於香蕉損失影響較大，若同時考慮兩變數時則總累積雨量大多呈現不顯著或負值，也可以應證短時間強降雨為雨量中影響損失最大的因素，透過變異膨脹因子檢定可知，將兩變數同時放入模型中其 VIF 值皆大於 10，表示自變數有共線性違反自變數獨立假設，因此選取影響最大的單日最強雨量做後續分析。

¹³ 由於資訊過於冗長，詳細內容請參考附錄五。



二、風速分析¹⁴

此部分分析討論不同階段風速所造成的影響，繼續沿用上部分所分析的結果，採用單日最強雨量作為雨量變數，風速門檻使用現行香蕉收入保險（行政院農業委員會農業金融局，2020）與朱慶國（1987）總結之風速值（每秒 17.2 公尺與每秒 20 公尺），另本研究為配合樣本特性，使用近十年颱風風速平均值（每秒 27.59 公尺）與低一單位標準差之值（每秒 20.23 公尺）做為門檻，藉由設置不同情境觀察出風速與損害之關聯性。

在此部分的分析中，設定雨量變數為單日最強雨量，以及控制其他因素不變下，逐一討論各風速門檻值的影響，從模型結果可以看出設置門檻後可以增加對於損害的解釋，風速每秒 20 公尺以下時對於損害沒有太大的影響，而在風速到達每秒 20 公尺以上時損害的程度會增加，但風速在超過每秒 27.59 公尺後則又沒有顯著的影響，這也就表示不同階段的風速確實會對損害有不同的影響，而面積損率在風速每秒 17.2 公尺時確實會使得損害增加，大多屬於風速增加當下所造成，隨後損失的幅度便比門檻前要小。

整體而言，風速帶來的損害區間大約落在每秒 20 至每秒 27 公尺之間，與朱慶國（1987）研究結果相符，而本研究認為將風速門檻值從每秒 17.2 公尺上調至每秒 20 公尺會更貼近真實的情況，因此後續將以每秒 20 公尺作為風速門檻值建構颱風損失模型。

¹⁴ 由於資訊過於冗長，詳細內容請參考附錄六。



第三節 颱風損失模型

本部分目的在建構出颱風損失模型，藉由前二部分對於雨量和風速的分析結果，篩選出對於損害重要的因素，雨量選用單日最強雨量、風速則選用每秒 20 公尺作為風速門檻值作為重要變數代入模型中進行說明，以下分為損失數量與產量損率、損失面積與面積損率兩部分做說明。

一、損失數量與產量損率

表 5-1 為損失數量與產量損率模型之模型結果，首先是損失數量模型，在損失數量模型的氣候因素中，最大瞬時風速、風速門檻、風速×門檻與單日最強雨量在信心水準 1% 下顯著，係數分別為-7.5604、-37.6808、12.9595 與 1.0478，表示損失數量在風速門檻值前會以 7.5604% 的速度減少，在門檻的當下會立即減少 37.6808%，隨後以 5.3991% 的速度增加，而單日最強雨量每增加 1% 會以 1.0478% 的速度增加；坡度比例在 1% 信心水準下顯著，每增加 1% 損失數量減少 2.988%；縣市變數中多以北地區有顯著的負值，可以發現將南投縣作為分界，南投縣以北為負值、以南為正值，表示北部的產量損失較南部少；路徑變數中路徑 3、4、9 有顯著正值，表示這些路徑造成損失會比路徑 10 多。

接著是產量損率模型，在產量損率模型的氣候因素中，風速門檻、風速×門檻與單日最強雨量在信心水準 1% 下顯著，係數分別為-1.1909、0.3811 與 0.0432，這表示產量損率在風速門檻的當下會立即減少 1.1909%，隨後以 0.3811% 的速度增加，而單日最強雨量每增加 1% 會以 0.0432% 的速度增加；坡度比例不顯著；縣市變數中桃園市與宜蘭縣在 10% 信心水準下顯著，桃園市係數為-0.0828、宜蘭縣為 0.1209；路徑變數中路徑 1、3、9 呈現顯著的正值，表示這些路徑所造成產量的損害程度相對於路徑 10 要多。

表 5-1 損失數量與產量損率模型結果

變數代號	Ln Loss KG		Loss KG Rate	
	係數	(標準差)	係數	(標準差)
ln_Wind_MAX	-7.5604***	(1.8474)	-0.0949	(0.0875)
20m	-37.6808***	(6.1504)	-1.1909***	(0.3102)
20m×Wind	12.9595***	(2.1678)	0.3811***	(0.1071)
ln_Max_24H	1.0478***	(0.1728)	0.0432***	(0.0104)
ln_PRESSURE	-6.4086	(7.9093)	-0.0730	(0.5504)
RATE	-2.8199***	(1.0170)	-0.0285	(0.0511)
TPE	-2.9116***	(0.7261)	0.0614	(0.0570)
KEL	-6.2788***	(1.5123)	-0.0433	(0.0393)
NTPC	-2.4664***	(0.6420)	-0.0469	(0.0391)
TYN	-5.6510***	(0.7712)	-0.0828*	(0.0490)
HSZ	-2.7946***	(0.6909)	-0.0598	(0.0404)
ZMI	-1.3949**	(0.6753)	-0.0456	(0.0406)
TXG	0.0889	(0.6265)	0.0109	(0.0406)
NTC	1.1071**	(0.5500)	-0.0161	(0.0389)
CHW	-1.3875**	(0.7004)	0.0270	(0.0490)
YUN	-0.1794	(0.6825)	0.0248	(0.0428)
CYI	1.2013**	(0.5227)	0.0248	(0.0370)
KHH	0.4080	(0.5301)	0.0137	(0.0370)
TNN	-0.3154	(0.5310)	0.0020	(0.0335)
PIF	0.9368	(0.6084)	0.0060	(0.0392)
ILA	-2.0467***	(0.7049)	0.1209*	(0.0698)
HUN	0.2445	(0.5239)	0.0707	(0.0462)
PATH1	-0.1984	(1.6486)	0.1043**	(0.0512)
PATH2	0.1353	(0.5606)	-0.0197	(0.0290)
PATH3	0.9972*	(0.5338)	0.0641**	(0.0294)
PATH4	1.4479**	(0.6074)	0.0548	(0.0338)
PATH5	0.6037	(0.9764)	0.0355	(0.0545)
PATH6	0.9583	(0.6992)	-0.0044	(0.0222)
PATH9	1.7051**	(0.8173)	0.0654***	(0.0213)
Constant	70.9538	(56.0499)	0.5659	(3.8779)
R Square	0.7430		0.5632	
Adj R Square	0.6923		0.4770	
Num of Obs	177		177	

註：* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01；()中為標準差。



二、損失面積與面積損率

表 5-2 為損失面積與面積損率模型之模型結果，首先是損失面積模型，在損失面積模型的氣候因素中，風速門檻、風速×門檻與單日最強雨量在信心水準 1% 下顯著，係數分別為-1956.963、611.2806 與 87.1529，表示損失面積在門檻的當下會立即減少 1956.963 公頃，隨後風速每增加 1%損失面積增加 611.2806 公頃，而單日最強雨量每增加 1%損失面積增加 87.1529 公頃；坡度比例不顯著；縣市變數中多以西臺灣有顯著值，以南投縣作為分界點，南投縣以北係數為負值、以南則係數為正值，表示損失面積由南至北在遞減；路徑變數中路徑 1、4 有顯著的正值，表示這些路徑造成的損失會比路徑 10 多。

接著是面積損率模型，在面積損率模型的氣候因素中，風速門檻、風速×門檻與單日最強雨量在信心水準 1% 下顯著，係數分別為-1.3911、0.4467 與 0.0495，這表示產量損率在風速門檻的當下會立即減少 1.3911%，隨後以 0.4467% 的速度增加，而單日最強雨量每增加 1% 會以 0.0495% 的速度增加；坡度比例不顯著；縣市變數中臺北市、基隆市、桃園市與新竹縣在 10% 信心水準下顯著，係數除了臺北市外其他三個縣市皆為負值，表示北部面積損率除臺北市外皆較南部低；路徑變數中路徑 1、3、9 呈現顯著的正值，表示這些路徑造成產量的損害程度相對於路徑 10 要多。

表 5-2 損失面積與面積損率模型結果

變數代號	Loss HA		Loss HA Rate	
	係數	(標準差)	係數	(標準差)
ln_Wind_MAX	-95.6082	(143.9367)	-0.1264	(0.1091)
wind_20m	-1956.9630***	(507.9040)	-1.3911***	(0.3738)
20m×Wind	611.2806***	(172.6299)	0.4467***	(0.1300)
ln_Max_24H	87.1529***	(18.6819)	0.0495***	(0.0124)
ln_PRESSURE	-117.2326	(972.3789)	-0.3765	(0.6190)
RATE	-103.3715	(109.2463)	-0.0568	(0.0625)
TPE	-67.7998	(60.1673)	0.1339*	(0.0725)
KEL	-71.4379	(60.3498)	-0.0822*	(0.0448)
NTPC	-42.7910	(51.4646)	-0.0540	(0.0431)
TYN	-62.5858	(75.7863)	-0.1122*	(0.0629)
HSZ	-91.2964**	(42.0705)	-0.0741*	(0.0440)
ZMI	-58.8660	(52.0991)	-0.0226	(0.0455)
TXG	16.1863	(43.2459)	0.0259	(0.0456)
NTC	137.3897***	(48.6810)	-0.0082	(0.0424)
CHW	-55.8191	(59.8129)	0.0066	(0.0477)
YUN	8.2717	(59.0007)	0.0505	(0.0533)
CYI	242.7935**	(111.5281)	0.0415	(0.0427)
KHH	152.1576***	(57.6011)	0.0187	(0.0402)
TNN	47.6193	(39.4162)	0.0024	(0.0371)
PIF	194.6525**	(81.8578)	-0.0110	(0.0427)
ILA	-119.7183**	(60.4984)	0.1089	(0.0728)
HUN	57.5309	(41.7055)	0.0850	(0.0531)
PATH1	250.5038***	(89.1893)	0.1068*	(0.0569)
PATH2	-6.1337	(52.6130)	-0.0382	(0.0334)
PATH3	35.1794	(46.0827)	0.0583*	(0.0329)
PATH4	119.8530**	(58.3835)	0.0414	(0.0388)
PATH5	69.9147	(82.9663)	0.0208	(0.0618)
PATH6	-52.4494	(38.8040)	-0.0079	(0.0280)
PATH9	76.7238	(49.2976)	0.0751***	(0.0254)
Constant	610.3319	(6863.5500)	2.7211	(4.3700)
R Square	0.4861		0.5581	
Adj R Square	0.3847		0.4710	
Num of Obs	177		177	

註：* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01；()中為標準差。



第四節 小結

本章實證模型分析的過程分為三步驟，首先雨量分析，目的是從雨量氣候變數中，篩選出影響最顯著的雨量變數，由實證結果顯示為單日最強雨量，接著是從風速分析中挑選合適的門檻值，將雨量分析所得出的結果與變數設定中的風速門檻值代入至實證模型中，挑選合適的風速門檻值，由實證結果發現，風速達到每秒 20 公尺時，會比香蕉植株保險所設定的每秒 17.2 公尺更為貼近真實的情況，因此本研究以風速每秒 20 公尺作為風速門檻值，最後則是根據前兩步驟建構出損失模型。

根據本研究實證結果顯示，颱風最大瞬時風速與單日最強雨量對於災損呈現正向關係，與朱慶國（1987）研究結果相似，這可歸因於颱風恰與臺灣香蕉生長期重疊造成，由於香蕉正處於果實結果的狀態，蕉株枝葉承受的重量增加，因此蕉株易受到強風侵襲而倒伏，使得颱風風速愈大其負面影響越大（陳慈慧，2020）。

本研究中參考邱媚萍（2011）與簡榮成（2020）之作法，分別使用香蕉損失數量與損失面積建構出實證模型，前者可反映出整體損害的嚴重程度（severity），而後者則可推估出損害的範圍（extent），也從實證結果發現，各氣候因子在不同的損失模型中，皆呈現一致性的結果，尤其是最大瞬時風速之迴歸係數值都顯著的比單日最強雨量來得大，這顯示出在諸多農業氣象災害變數中，最大瞬時風速對於香蕉生產是最關鍵的因素。

第六章 結論與建議



第一節 結論

本研究探討的議題為，香蕉受到颱風影響所需考量的因素，並分析出受到的損害與因素之間的關聯性，以下為本研究的主要發現：

一、香蕉生長所考量的因素

從第二章及第三章可以得知，香蕉生長時主要需要考量的因素主要為氣候條件，如氣壓、溫度、雨量、風速、濕度、空氣品質、地理位置、海拔高度等，而颱風則是以雨量、風速及氣壓為主要影響的氣候因素，另從過去歷史資料及研究結果中可以得知，種植的地理位置、地形與颱風行經路徑也會使得颱風的影響有所不同，因此對於蕉農或政府，在面對颱風事件時需考慮氣候因素外，也須同時考慮地理條件與颱風特性。

二、颱風與香蕉生長的相關性以及影響程度

(一)氣候因素

1 最大瞬時風速

從模型結果可得知，最大瞬時風速對於損害呈現正向的影響，主要因為，香蕉植株每秒超過 15 公尺就會造成葉片吹斷、葉柄折斷（朱慶國，1987），因此颱風最大瞬時風速必會造成香蕉顯著的損害，光是最弱的輕颱就至少會有每秒 17.2 公尺的速度（交通部中央氣象局，2021）。

2 風速門檻值

從實證結果中可得知，風速在每秒 20 公尺與每秒 27 公尺會有明顯的變化，代表風速確實存在一定門檻，現行的香蕉保險也將最大風速納入考慮，但本研究認為保險所設的門檻有些偏低的現象，在風速分析中將風速設置不同門檻值作分析，

由模型結果得知風速在達到每秒 20 公尺時更貼近實際的情況會更加合適。

由敘述統計可知近十年颱風風速大多落在每秒 20 公尺以上，目前收入保險所設定每秒 17.2 公尺之門檻並不符合颱風的風速特性，由模型也檢測出風速低於每秒 17.2 公尺對於損害並沒有顯著的影響，而達到每秒 20 至每秒 27 公尺之間則會有顯著正向的影響，因此將門檻值上調至每秒 20 公尺以上會較合適。

3 單日最強雨量

由研究結果可得知，單日最強雨量對於損害呈現正向的影響，颱風為海上形成的熱帶性低氣壓，因此時常伴隨大量的雨量造成作物損毀，本研究透過估計損失模型以瞭解氣象與災損的關聯性。

在雨量分析中可以得知，香蕉受到短時間強降雨的侵襲會比長時間累積降雨的影響要大，這與香蕉的生長特性有關，雖然颱風帶來大量的雨量，但恰與香蕉生長期重疊，剛好需要大量的雨水灌溉，又由於降雨時間並不是很長，並不足以造成香蕉植株根部供氧功能受損（臺灣香蕉研究所，1988）或植株傾倒，因此累積雨量反而有助香蕉生長，因此使用單日最強雨量作為估計會較為合適。

(二)地理因素

坡地比例代表栽培方式對於颱風損害的影響，從模型結果看出除了損失數量外其他的模型皆不顯著，這表示種植在坡地上的比例越高，反而降低損失數量，而對於損失面積、產量損率與面積損率皆不顯著，這表示不同栽培方式對於損害並沒有太大的影響。

本研究認為原因應與坡地種植多位在颱風被風側有關，由本研究實證結果得知，颱風以瞬時風速帶來的影響較大，根據中央氣象局統計，近幾年颱風以東往西行進的路線居多，而臺灣坡地種植的蕉園則多位在中央山脈的西側，因此阻擋掉大部分颱風帶來的強陣風，所以才會產生越靠近中央山脈的蕉園反而受到颱風的影響會較小的現象。



(三)地理位置與颱風特性

從各個模型的檢測可以發現，北部地區的係數值大都為負值，而南部地區大都為正值，另外也可以發現位於南投縣以南的縣市係數值多為正值，而位於以北的縣市則多為負值，表示損害確實會受到地區不同而有不同的影響，南部地區所受到的損害要比北部地區高。

從實證結果也可以得知，損害大致受到路徑 1、3、4、9 的影響最為明顯，其中路徑 3、4 發生頻率高，而路徑 9 則是會通過中南部主要產區，因此損害相對於路徑 10 高，整體而言，災損主要以中南部最多且南部比北部嚴重，與前面資料特性與災損分析的結果相符。

三、模型的優勢

本研究提出之實證模型呈現穩健的結果，除了能反映損害與颱風氣候因子的關聯性外，也為研究提供額外的資訊，丘媚萍（2011）與簡榮成（2020）分別使用損失面積與損失數量建構損失模型，但未考慮種植面積大小與產量多寡，因此可能導致損害的高估，透過本實證模型可以評估損害的現況，也能評估損害的嚴重程度，能以直覺的方式更能快速獲得有效的資訊。



第二節 建議

一、事前預防

由研究結果可知，短時間高強度的氣候因素為香蕉在颱風期間主要造成損害的原因，為減少這種災害所造成的損失，一般可以採取事前的預防來減少發生損害的機率，主要是希望能夠增加植株承受颱風的能力，本研究參考過去文獻，彙整出颱風事件發生前，蕉農可以預先準備的幾點預防措施（朱慶國，1987；簡榮成，2020），其建議如下：

(一)調節產季與種植品種

為預防颱風損害，可以調節種植期以在颱風季節前提早收成，如在4、5月種植新芽，則可在8月前採收；也可改種植株較短的品種，如中國短腳蕉或宏都拉斯大矮蕉等，以減少風害的影響。

(二)增加防災措施

颱風以其風速與單日強降雨為主要的致災因素，因此農民可在事前增加防災措施以減少損害，如選擇避風地帶種植，由模型結果得知選在適當的坡地種植可以減少產量損失的發生；而從模型結果另可得知風速的影響最大，因此需加強對強風的措施，如設立支柱以綑綁植株、修剪枝葉以減少受災面積與種植防風樹以阻擋風等，也需注意蕉園排水，以避免因排水不良而使土壤鬆動，導致植株倒伏。

(三)提升農民防災意識

強化農民對於危機的敏銳度，增加災害相關的知識，如定時舉辦座談會宣導防災的概念與應對措施、舉辦專家研討會讓第一線的農民與專家學者溝通，使得雙方可以對現實情況做討論，藉由增加防災知識與意識，讓農民可以主動採取避險的相關措施，以減少損害的發生。



二、政策建議

事後補救措施主要是希望農民能在受災後，能在更短的時間回復到生產的狀態，政府在過去使用現金補助的方式幫助農民，但從過去統計資料可以看出，政府預算的已開始出現不足以應付農民受災的災損，根據農經局 2006 年至 2020 年統計，平均每年損失約 112 億元，而政府現金補助平均每年約 28 億元，約占損失整體的 25%，農民需自行承擔 75% 的損失，因此在 2015 年起開始推動農業保險，透過保險機制，降低因受天然災害的損失以及維持穩定的收入，以因應天災所帶來的損害（行政院農業委員會農業金融局，2020；行政院農業委員會農糧署，2020）。

受到農業政策的影響，農業保險也逐漸受到政府的重視以及農民的青睞，截至 2021 年為止，臺灣總共有 17 種有關農產業的農業保險正在實施中，對象包括果樹類、水稻、農業設施與養蜂等產業，在 2019 年 10 月香蕉保險也正式施行，分別在 2020 年發布農業保險法前後，政府公告了香蕉收入保險試辦及補助辦法與香蕉收入保險試辦及保險費補助辦法，以健全農業保險制度。

為減輕農民經濟壓力與鼓勵投保，根據香蕉收入保險試辦及保險費補助辦法第 13 條第 1 項，農委會得補助本保險之保險費二分之一，金額上限為每公頃新臺幣三萬元，而農業保險法第 10 條第 1 項也明文規定，可補助的上限為 60% 至 70%，由訂定該相關的法律以幫助農民負擔部分保費與保險制度的實行（全國法規資料庫，2020，2021；行政院農業委員會農糧署，2020）。

目前推動的農業保險主要分為兩大類，分別是實損實賠型與氣候指數型保險，前者為針對產值的損失做補償，考慮產量與價格變動的因素，透過過去的資料試算合適的保險金額以作為補償的基準；而後者則是針對氣候因素不同的門檻設定賠償的比例，以做為保費計算的依據（行政院農委會，2022）。

這兩種保險各有優缺點，實損實賠型以實際的災損做為賠款的依據，可以同時



將價格與產量的變動考慮在內，但是這也容易使得有資訊不對稱等的問題，因為在農民投保時作物尚未收成，真實的產值難以估計，也導致農業保險的交易成本偏高 (Barnett & Mahul, 2007; Skees & Barnett, 2006)。

而氣候指數型保險則可以減少這些問題的發生，原因在於保險公司是以事前約定的氣候條件作為理賠的依據，而與農作物的收成無關，因此除了可以降低田野勘查的人力成本外，也可以減少因資訊不對稱所帶來的逆選擇與道德風險問題 (Turvey, Hoy & Islam, 2002; Turvey, Alfons & Chiang, 2006)。

現行香蕉保險主要是透過實際勘災後的損失作為保費的計算基礎，因為在不同的縣市損失的狀況有很大的差異，依據損害嚴重的選用合適的費率較合理，若採取單一費率則會對損害較輕的地區有不公平的現象。從現行的保險可以觀察出，相比於其他的農作物，香蕉保險的時間還尚淺，因此本研究透過建構損失函數來分析氣候與損害之間的相關性，對於風速與降雨量分別進行分析 (行政院農業委員會農業金融局，2021；行政院農業委員會農業試驗所，2021；行政院農業委員會農糧署，2020；富邦產險，2020)。

香蕉為臺灣種植面積第二大的果品，種植地區遍布全臺，以現行香蕉保險評估保費的方式，不僅會消耗掉極大的人力與時間成本，也會有發生道德風險的問題存在，因此未來勢必為往颱風風速指數型保險或是雨量指數型保險去發展，一方面可以節省勘災成本，另一方面也可以按照不同地區設計不同的保單，以因應不同地區受氣候因素或地理因素等特性的影響。

從研究結果可知降雨量以單日最強雨量影響最大，而風速則設置門檻值觀察不同階段的變化，研究結果顯示風速在每秒大於 20 公尺後，損失會有顯著的增強趨勢，而每秒大於 27 公尺後則就沒有影響，表示風速帶來的影響有一定的有效區間，本研究建議未來在設計香蕉指數型保險時，可以考慮以颱風單日強降雨與最大風速門檻值從每秒 17.2 公尺上調至每秒 20 至 27 公尺。



三、香蕉颱風氣象資料庫有待建置

有鑑於氣象災害為影響臺灣農作物生產的因素，本研究發現颱風損害還會受到地理位置與地形等因素的影響，因此不同地區的氣候資料是不可少的，但目前中央氣象局的資料是以自動站或人工測站測量的資料為主，雖然觀測範圍很廣泛，仍有許多位在測量範圍外的地區沒有觀測資料可用，故本研究必須使用地圖套疊的方式來加以區分，實屬權宜之計，未必是十分準確的作法，因此未來若是研究此議題者，應須注意此問題的存在。

四、針對重點區域做分析

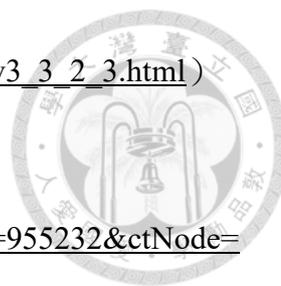
本研究使用行政院農業委員會農業統計資料查詢網中，各縣市之香蕉颱風災損資料做分析，但是從中央氣象局蒐集的氣象資料可觀察出，在同一個縣市中不同地區的氣候分佈有很大的差別，可以知道需要考慮到更細部的變化，而本研究受限於研究樣本筆數不足，只能使用縣市層級的資料做分析。

另外，本研究分析涵蓋全臺所有縣市香蕉蕉園的損害狀況，目的在找出一般香蕉生長需要考量的因素，但從本研究實證結果中可得知，中南部等主要產區損害的狀況會較嚴重，這與歷年常發生的颱風路徑有很大的關係，路徑 1、路徑 3、路徑 4 與路徑 9 在過去發生的頻率最高，剛好都會與主要產區重疊，因此未來若是能針對這些災損最為嚴重的地區，再細分至鄉鎮區的層級去做分析，應該能更加深入探究颱風氣候因子與香蕉生產之間的關聯性。

參考文獻



- 中央氣象局，2012。「101年天氣分析與預報研討會」。臺北市：中央氣象局，
(https://conf.cwb.gov.tw/media/cwb_past_conferences/101/paper05.pdf)
(2012/09/17)。
- 丘媚萍，2011。「氣候變遷與臺灣農業部門氣候災害經濟損失之關聯性研究」。碩士論文，國立中興大學應用經濟學系所，臺中市。
- 交通部中央氣象局，2021。「颱風百問全書」，
(<https://www.cwb.gov.tw/V8/C/K/Encyclopedia/typhoon/typhoon.pdf?v=20200330>) (2022/05/01)。
- 全國法規資料庫，2020。「農業保險法」，
(<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=M0070072>)
(2020/05/27)。
- 全國法規資料庫，2021。「香蕉收入保險試辦及保險費補助辦法」，
(<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=M0070080>)
(2021/10/05)。
- 朱慶國，1987。「颱風季節談香蕉防風(上)」，『果農合作』。476期，23-26。
- 朱慶國，1989。「氣候對香蕉生長與結果之研究」，『果農合作』。495期，33-39。
- 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』。1期，37-67。
- 行政法人國家災害防救科技中心，2021。「氣候變遷災害風險調適平台」，
(<https://dra.ncdr.nat.gov.tw/Frontend/Disaster/ClimateDetail/BAL0000007>)
(2021/12/12)。
- 行政院農業委員會，2017a。「香蕉之植物分類」，
(<https://kmweb.coa.gov.tw/subject/subject.php?id=11138>) (2017/07/06)。
- 行政院農業委員會，2017b。「香蕉型態」，
(<https://kmweb.coa.gov.tw/subject/subject.php?id=11137>) (2017/07/06)。
- 行政院農業委員會，2020。「109年果品生產概況」，
(<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/official/OfficialInformation.aspx>)
(2020/12/31)。
- 行政院農業委員會，2021。「農業統計視覺化查詢網」，



- (https://statview.coa.gov.tw/aqsys_on/importantArgiGoal_lv3_3_2_3.html)
(2021/12/31)。
- 行政院農業委員會農業金融局，2020。「推動農業保險」，
(<https://www.boaf.gov.tw/boafwww/index.jsp?a=ct&xItem=955232&ctNode=464>) (2020/09/07)。
- 行政院農業委員會農業金融局，2021。「香蕉收入保險」，
(https://www.boaf.gov.tw/view.php?theme=web_structure&id=3809)
(2021/03/08)。
- 行政院農業委員會農業試驗所，2021。「農委會作物防災栽培歷」，
(https://disaster.tari.gov.tw/ARI/ari_data/calendar/20191213%E9%A6%99%E8%95%89_1598425412938.pdf) (2021/12/31)。
- 行政院農業委員會農糧署，2020。「農產業保險」，
(<https://www.afa.gov.tw/cht/index.php?code=list&ids=277>) (2020/12/31)。
- 招偉文、阮碧恒，2018。「順德區近 40 年香蕉產量與氣象條件的關係」，『陝西氣象』。2 期，42-45。
- 鄭璟、杜堯東、王華，2015。「基於 GIS 的廣東省香蕉寒害風險區劃」，『廣東氣象』，3 期，48-50。
- 陳威勤，2019。「混合頻率模型在農作物收入保險之應用 —— 以臺南文旦柚為例」。碩士論文，國立臺灣大學農業經濟學研究所，臺北市。
- 陳慈慧，2020。「評估氣候變遷和收入保險對台灣香蕉之經濟影響」。碩士論文，國立中興大學農業經濟與行銷碩士學位學程，臺中市。
- 富邦產險。(2020)。「香蕉植株保險保單」，
(<https://www.boaf.gov.tw/site/boaf/public/Attachment/04151131971.pdf>)
(2020/03/31)。
- 黃子彬，2010。「全球氣候變遷對台灣果樹產業之影響與因應對策」。『宜蘭地區果樹產業發展研討會專刊』。花蓮縣：行政院農委會花蓮區農業改良場。
- 翟志宏、黃俊、鄭璟、劉錦鑒，2014。「廣東不同種植週期香蕉風害風險對比」，『中國農學通報』。7 期，208-213。
- 臺灣香蕉研究所，1988。「八一四豪雨蕉園受害情形與復興措施」，『果農合作』，491 期，44-47。
- 蔡大鑫、王春乙、張京紅、劉少軍，2013。「基於產量的海南省香蕉寒害風險分



- 析與區劃」，『生態學雜誌』。7期，1896-1902。
- 蔡大鑫、張京紅、鄒海平、劉少軍，2013。「海南島香蕉寒害純保險費率研究」，『自然災害學報』，6期，210-216。
- 賴宏輝，1985。「香蕉栽培指導手冊」。屏東縣：臺灣香蕉研究所。
- 簡榮成，2020。「農業氣象災害對芒果產量之影響與調適策略」。碩士論文，國立臺灣大學農業經濟學研究所，臺北市。
- Barnett, B. J. a. O. M. (2007). Weather Index Insurance for Agriculture and Rural Areas in Lower-Income Countries. *American Journal of Agricultural Economics*, 88, 696-709. doi: 10.1111/j.1467-8276.2007.01091.x
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*: Routledge.
- Jerry R. Skees, B. J. B. (2006). Enhancing microfinance using index-based risk-transfer products. *Agricultural Finance Review*, 66, 235-250.
- Robinson, J. C. (2010). Bananas and Plantains.
- Robinson, J. C., & Saúco, V. G. (2010). *Bananas and plantains* (Vol. 19): Cabi.
- Salvacion, A. R. (2020). Effect of climate on provincial-level banana yield in the Philippines. *Information Processing in Agriculture*, 7(1), 50-57. doi: 10.1016/j.inpa.2019.05.005
- Salvacion, A. R., Cumagun, C. J. R., Pangga, I. B., Magcale-Macandog, D. B., Cruz, P. C., Saludes, R. B., . . . Aguilar, E. A. (2019). Banana suitability and Fusarium wilt distribution in the Philippines under climate change. *Spatial Information Research*, 27(3), 339-349.
- Turner, D. W., & Treverrow, N. (2003). Bananas: response to temperature.
- Turvey, C. G., M. Hoy and Z. Islam. (2002). The Role of Ex-Ante Regulations in Addressing Problems of Moral Hazard in Agricultural Insurance. *Agricultural Finance Review*, 62, 103-116.
- Turvey, C. G. W., Alfons; Chiang, Szu-Hsuan Celia. (2006). Pricing Weather Insurance with a Random Strike Price: the Ontario Ice-Wine Harvest. *American Journal of Agricultural Economics*, 88(3), 696-709. doi: 10.1111/j.1467-8276.2006.00889.x

附錄



附錄一 歷年颱風損害統計

附表 1-1 歷年颱風香蕉損失數量統計

單位：公斤

年分	颱風事件	樣本數	平均	標準差	最小值	最大值
2009	莫拉克颱風	14	4,101,249	6,395,976	120	23,000,000
	蓮花颱風	4	159,002	107,958	37,800	295,990
2010	凡那比颱風	13	5,169,765	7,104,047	8,300	21,800,000
	莫蘭蒂颱風	3	18,213	13,032	3,240	27,000
2011	南瑪都颱風	8	318,988	524,655	3,438	1,505,119
2012	天秤颱風	5	530,182	676,195	1,125	1,367,706
	蘇拉颱風	16	708,719	1,159,524	770	4,627,900
2013	天兔颱風	4	1,300,570	1,924,438	4,000	4,105,354
	潭美及康芮颱風	6	312,429	485,264	61,600	1,295,431
	蘇力颱風	16	683,084	1,666,181	1,407	6,780,509
2014	鳳凰颱風	4	37,954	44,423	4,800	102,485
	麥德姆颱風	11	1,013,313	1,957,248	11,878	6,707,090
2015	杜鵑颱風	14	440,837	1,353,227	1,008	5,134,870
	蘇迪勒颱風	16	4,689,151	7,108,584	16,791	25,200,000
2016	尼伯特颱風	6	6,089,361	8,620,362	124,830	22,700,000
	梅姬颱風	16	4,285,138	8,160,056	24,698	33,400,000
	莫蘭蒂颱風	6	987,749	2,178,671	14,000	5,433,007
2017	尼莎暨海棠颱風	14	561,075	968,763	1,536	3,654,035
2018	瑪莉亞颱風	1	968	0	968	968
	總計	177	2,097,406	4,863,785	120	33,400,000

資料來源：本研究整理自行政院農委會。

附表 1-2 歷年颱風香蕉損失面積統計

單位：公頃

年分	颱風名稱	樣本數	平均	標準差	最小值	最大值
2009	莫拉克颱風	14	184.93	256.18	0	891
	蓮花颱風	4	10.00	8.83	1	22
2010	凡那比颱風	13	223.08	282.26	0	809
	莫蘭蒂颱風	3	1.00	1.00	0	2
2011	南瑪都颱風	8	12.63	19.03	0	55
2012	天秤颱風	5	20.00	25.21	0	49
	蘇拉颱風	16	36.38	64.13	0	256
2013	天兔颱風	4	49.75	66.96	0	144
	潭美及康芮颱風	6	12.50	19.90	2	53
	蘇力颱風	16	38.63	90.90	0	354
2014	鳳凰颱風	4	1.50	1.73	0	4
	麥德姆颱風	11	45.82	91.33	1	313
2015	杜鵑颱風	14	24.21	74.90	0	284
	蘇迪勒颱風	16	204.50	299.61	0	1,089
2016	尼伯特颱風	6	270.17	376.91	4	997
	梅姬颱風	16	195.38	356.98	0	1,470
	莫蘭蒂颱風	6	40.00	85.78	1	215
2017	尼莎暨海棠颱風	14	26.29	43.91	0	164
2018	瑪莉亞颱風	1	0.00		0	0
總計		177	94.25	207.57	0	1,470

資料來源：本研究整理自行政院農委會。

附表 1-3 歷年颱風香蕉產量損率統計

單位：百分比

年分	颱風名稱	樣本數	平均	標準差	最小值	最大值
2009	莫拉克颱風	14	19.64%	16.45%	0.11%	48.58%
	蓮花颱風	4	0.44%	0.13%	0.26%	0.53%
2010	凡那比颱風	13	14.77%	12.35%	0.54%	38.53%
	莫蘭蒂颱風	3	0.06%	0.05%	0.02%	0.12%
2011	南瑪都颱風	8	0.69%	0.55%	0.01%	1.55%
2012	天秤颱風	5	2.57%	4.39%	0.00%	10.33%
	蘇拉颱風	16	4.69%	4.37%	0.32%	11.87%
2013	天兔颱風	4	3.56%	4.03%	0.01%	8.69%
	潭美及康芮颱風	6	0.73%	0.96%	0.10%	2.66%
	蘇力颱風	16	6.90%	8.31%	0.14%	30.61%
2014	鳳凰颱風	4	0.12%	0.10%	0.01%	0.24%
	麥德姆颱風	11	7.90%	13.38%	0.13%	42.01%
2015	杜鵑颱風	14	1.82%	3.02%	0.06%	9.36%
	蘇迪勒颱風	16	20.57%	14.07%	0.25%	47.77%
2016	尼伯特颱風	6	14.51%	15.69%	0.14%	39.75%
	梅姬颱風	16	18.79%	13.20%	0.83%	40.94%
	莫蘭蒂颱風	6	2.06%	3.88%	0.02%	9.93%
2017	尼莎暨海棠颱風	14	5.08%	10.00%	0.02%	38.71%
2018	瑪莉亞颱風	1	0.07%	0.00%	0.07%	0.07%
	總計	177	9.07%	12.29%	0.00%	48.58%

資料來源：本研究整理行政院農委會。

附表 1-4 歷年颱風香蕉面積損率統計



單位：百分比

年分	颱風名稱	樣本數	平均	標準差	最小值	最大值
2009	莫拉克颱風	14	19.89%	16.88%	0.00%	50.12%
	蓮花颱風	4	0.48%	0.25%	0.13%	0.67%
2010	凡那比颱風	13	16.30%	13.98%	0.00%	38.92%
	莫蘭蒂颱風	3	0.07%	0.11%	0.00%	0.20%
2011	南瑪都颱風	8	0.68%	0.54%	0.00%	1.61%
2012	天秤颱風	5	2.54%	4.27%	0.00%	10.09%
	蘇拉颱風	16	5.05%	5.25%	0.00%	13.81%
2013	天兔颱風	4	3.95%	4.79%	0.00%	10.48%
	潭美及康芮颱風	6	0.69%	0.91%	0.13%	2.52%
	蘇力颱風	16	8.18%	11.01%	0.00%	39.32%
2014	鳳凰颱風	4	0.12%	0.09%	0.00%	0.19%
	麥德姆颱風	11	8.82%	16.44%	0.11%	54.35%
2015	杜鵑颱風	14	2.79%	5.75%	0.00%	20.96%
	蘇迪勒颱風	16	23.91%	18.21%	0.00%	53.34%
2016	尼伯特颱風	6	15.33%	15.32%	0.14%	40.19%
	梅姬颱風	16	21.17%	17.28%	0.00%	50.00%
	莫蘭蒂颱風	6	2.32%	4.32%	0.03%	11.07%
2017	尼莎暨海棠颱風	14	4.47%	9.63%	0.00%	36.72%
2018	瑪莉亞颱風	1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
總計		177	9.99%	14.18%	0.00%	54.35%

資料來源：本研究整理行政院農委會。

附錄二 各縣市颱風損害統計



附表 2-1 各縣市總損失數量統計

單位：公斤

縣市	樣本數	總和	平均	標準差	最小值	最大值
南投縣	14	29,600,000	2,117,530	2,434,577	1,125	6,780,509
嘉義縣	14	84,400,000	6,030,044	10,600,000	14,000	33,400,000
基隆市	1	1,407	1,407	0	1,407	1,407
宜蘭縣	8	3,609,095	451,137	355,916	10,800	910,805
屏東縣	17	90,400,000	5,318,139	7,855,028	24,400	22,700,000
彰化縣	8	3,153,814	394,227	430,594	68,868	1,099,400
新北市	9	450,980	50,109	64,773	968	187,112
新竹縣	6	617,760	102,960	94,494	1,008	214,801
桃園市	5	44,075	8,815	11,254	120	24,698
臺中市	8	6,632,622	829,078	589,086	2,800	1,564,295
臺北市	6	252,434	42,072	44,623	770	111,600
臺南市	15	23,600,000	1,575,171	2,526,857	27,000	6,480,331
臺東縣	16	13,100,000	821,725	1,166,782	3,240	4,653,423
花蓮縣	15	28,200,000	1,881,522	2,643,774	13,200	7,905,059
苗栗縣	8	892,586	111,573	82,119	8,300	211,781
雲林縣	11	19,800,000	1,798,667	2,483,228	38,000	7,045,560
高雄市	16	66,300,000	4,145,523	6,625,668	4,800	23,000,000
總計	177	371,000,000	2,097,406	4,863,785	120	33,400,000

資料來源：本研究整理自行政院農委會。

附表 2-2 各縣市總損失面積統計

單位：公頃

縣市	樣本數	總和	平均	標準差	最小值	最大值
南投縣	14	1,671	119.36	135.79	0	354
嘉義縣	14	3,656	261.14	462.22	1	1,470
基隆市	1	0	0.00	0.00	0	0
宜蘭縣	8	184	23.00	18.58	1	45
屏東縣	17	3,707	218.06	321.91	1	997
彰化縣	8	118	14.75	17.28	1	40
新北市	9	24	2.67	3.94	0	12
新竹縣	6	32	5.33	5.50	0	11
桃園市	5	0	0.00	0.00	0	0
臺中市	8	593	74.13	51.86	0	143
臺北市	6	14	2.33	2.25	0	5
臺南市	15	1,113	74.20	121.89	1	338
臺東縣	16	577	36.06	51.21	0	205
花蓮縣	15	1,354	90.27	123.99	1	365
苗栗縣	8	54	6.75	5.12	0	12
雲林縣	11	820	74.55	100.67	1	293
高雄市	16	2,766	172.88	272.62	0	891
總計	177	16,683	94.25	207.57	0	1,470

資料來源：本研究整理自行政院農委會。

附表 2-3 各縣市產量損率統計



單位：百分比

縣市名稱	樣本數	平均	標準差	最小值	最大值
南投縣	14	3.60%	4.07%	0.00%	10.55%
嘉義縣	14	9.43%	13.87%	0.02%	37.82%
基隆市	1	2.57%	0.00%	2.57%	2.57%
宜蘭縣	8	24.90%	17.48%	0.57%	47.77%
屏東縣	17	6.78%	10.25%	0.02%	30.70%
彰化縣	8	12.52%	14.39%	1.77%	41.49%
新北市	9	4.54%	5.24%	0.07%	14.45%
新竹縣	6	6.18%	5.61%	0.06%	12.82%
桃園市	5	2.03%	2.50%	0.11%	5.13%
臺中市	8	10.58%	7.12%	0.03%	19.47%
臺北市	6	16.28%	16.35%	0.40%	38.31%
臺南市	15	7.16%	11.13%	0.12%	26.61%
臺東縣	16	7.54%	10.08%	0.03%	39.75%
花蓮縣	15	14.11%	18.58%	0.08%	48.58%
苗栗縣	8	5.77%	4.15%	0.54%	9.69%
雲林縣	11	11.01%	13.81%	0.25%	35.42%
高雄市	16	7.99%	12.43%	0.01%	41.35%
總計	177	9.07%	12.29%	0.00%	48.58%

資料來源：本研究整理自行政院農委會。

附表 2-4 各縣市面積損率統計



單位：百分比

縣市名稱	樣本數	平均	標準差	最小值	最大值
南投縣	14	3.83%	4.35%	0.00%	11.46%
嘉義縣	14	11.32%	17.50%	0.03%	50.00%
基隆市	1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
宜蘭縣	8	25.30%	17.53%	1.05%	47.22%
屏東縣	17	6.06%	8.77%	0.03%	25.21%
彰化縣	8	11.68%	13.58%	0.72%	36.39%
新北市	9	3.85%	5.34%	0.00%	16.31%
新竹縣	6	5.49%	5.60%	0.00%	10.78%
桃園市	5	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
臺中市	8	12.20%	8.83%	0.00%	23.89%
臺北市	6	23.58%	23.02%	0.00%	52.41%
臺南市	15	7.66%	12.34%	0.11%	33.07%
臺東縣	16	7.81%	10.28%	0.00%	40.19%
花蓮縣	15	16.12%	21.73%	0.17%	54.35%
苗栗縣	8	7.90%	6.31%	0.00%	16.52%
雲林縣	11	14.63%	18.49%	0.22%	45.93%
高雄市	16	9.07%	14.04%	0.00%	43.02%
總計	177	9.99%	14.18%	0.00%	54.35%

資料來源：本研究整理自行政院農委會。

附錄三 颱風氣候因素統計



附表 3-1 歷年颱風單日最強雨量統計

單位：毫米

年分	颱風名稱	樣本數	平均	標準差	最小值	最大值
2009	莫拉克颱風	14	438.87	243.91	108.15	855.50
	蓮花颱風	4	68.87	9.13	59.04	77.79
2010	凡那比颱風	13	222.96	186.91	56.60	595.02
	莫蘭蒂颱風	3	148.75	62.44	88.53	213.20
2011	南瑪都颱風	8	183.62	112.19	15.93	295.45
2012	天秤颱風	5	218.76	90.49	104.89	348.32
	蘇拉颱風	16	350.74	170.57	56.19	612.47
2013	天兔颱風	4	230.98	110.38	91.71	327.52
	潭美及康芮颱風	6	410.51	63.24	329.19	521.63
	蘇力颱風	16	231.53	152.26	19.65	548.18
2014	鳳凰颱風	4	184.05	126.15	62.63	360.25
	麥德姆颱風	11	251.09	115.19	76.71	456.63
2015	杜鵑颱風	14	172.36	92.03	39.48	373.18
	蘇迪勒颱風	16	230.06	94.80	89.78	416.36
2016	尼伯特颱風	6	221.53	113.11	92.74	355.63
	梅姬颱風	16	242.42	115.45	84.58	480.59
	莫蘭蒂颱風	6	194.93	132.75	61.08	382.37
2017	尼莎暨海棠颱風	14	192.42	116.66	21.82	424.11
2018	瑪莉亞颱風	1	179.45	0.00	179.45	179.45
總計		177	247.87	156.93	15.93	855.50

資料來源：本研究整理自中央氣象局。

附表 3-2 各縣市颱風單日最強雨量統計



單位：毫米

縣市	樣本數	平均	標準差	最小值	最大值
南投縣	14	263.10	190.10	15.93	612.47
嘉義縣	14	296.72	209.10	61.08	855.50
基隆市	1	81.05	0.00	81.05	81.05
宜蘭縣	8	251.71	105.22	129.60	462.05
屏東縣	17	253.56	175.99	39.48	675.39
彰化縣	8	183.96	119.52	56.60	386.76
新北市	9	171.69	99.45	76.71	342.57
新竹縣	6	211.18	103.98	122.18	369.64
桃園市	5	184.24	161.62	21.82	443.43
臺中市	8	238.93	197.05	63.99	536.17
臺北市	6	229.29	101.87	74.10	366.14
臺南市	15	272.15	176.35	59.04	710.56
臺東縣	16	264.89	116.18	80.14	426.85
花蓮縣	15	227.54	106.21	19.65	415.66
苗栗縣	8	254.53	207.44	75.53	568.55
雲林縣	11	259.10	144.31	48.53	556.51
高雄市	16	282.40	188.81	62.63	713.67
總計	177	247.87	156.93	15.93	855.50

資料來源：本研究整理自中央氣象局。

附表 3-3 歷年颱風總累積雨量統計



單位：毫米

年分	颱風名稱	樣本數	平均	標準差	最小值	最大值
2009	莫拉克颱風	14	775.04	405.47	235.92	1,437.71
	蓮花颱風	4	88.93	17.45	69.46	111.11
2010	凡那比颱風	13	242.02	197.44	60.87	622.86
	莫蘭蒂颱風	3	161.24	69.27	92.81	231.32
2011	南瑪都颱風	8	315.47	206.08	32.10	562.17
2012	天秤颱風	5	324.97	159.02	163.98	550.26
	蘇拉颱風	16	456.47	227.60	67.41	775.18
2013	天兔颱風	4	313.45	181.16	108.58	485.94
	潭美及康芮颱風	6	461.83	80.74	356.17	586.49
	蘇力颱風	16	232.48	152.98	19.65	552.53
2014	鳳凰颱風	4	208.50	146.49	70.09	413.90
	麥德姆颱風	11	263.79	117.42	88.63	464.47
2015	杜鵑颱風	14	181.72	96.79	39.78	369.80
	蘇迪勒颱風	16	253.23	104.96	104.14	461.90
2016	尼伯特颱風	6	249.48	112.72	114.92	384.01
	梅姬颱風	16	272.74	133.52	88.47	545.02
	莫蘭蒂颱風	6	254.37	203.04	62.42	512.81
2017	尼莎暨海棠颱風	14	257.73	174.45	25.51	663.79
2018	瑪莉亞颱風	1	180.87	0.00	180.87	180.87
總計		177	313.79	239.38	19.65	1,437.71

資料來源：本研究整理自中央氣象局。

附表 3-4 各縣市颱風總累積雨量統計

單位：毫米

縣市	樣本數	平均	標準差	最小值	最大值
南投縣	14	314.96	255.90	32.10	934.15
嘉義縣	14	366.90	338.41	62.42	1,437.71
基隆市	1	81.45	0.00	81.45	81.45
宜蘭縣	8	312.50	202.80	134.03	775.18
屏東縣	17	341.89	295.30	39.78	1,218.76
彰化縣	8	214.37	164.78	60.87	510.76
新北市	9	215.78	139.85	88.63	518.77
新竹縣	6	280.94	165.05	131.99	524.40
桃園市	5	272.08	268.16	25.51	723.86
臺中市	8	303.76	255.60	75.42	701.21
臺北市	6	281.01	169.41	79.85	575.60
臺南市	15	329.60	272.03	69.46	1,165.85
臺東縣	16	348.17	187.99	82.27	736.50
花蓮縣	15	307.11	148.23	19.65	488.18
苗栗縣	8	323.93	283.31	95.13	719.02
雲林縣	11	305.16	227.03	75.85	913.38
高雄市	16	357.00	304.48	70.09	1,318.43
總計	177	313.79	239.38	19.65	1,437.71

資料來源：本研究整理自中央氣象局。

附表 3-5 歷年颱風最大瞬時風速統計

單位：公尺/每秒

年分	颱風名稱	樣本數	平均	標準差	最小值	最大值
2009	莫拉克颱風	14	33.35	1.27	32.08	35.36
	蓮花颱風	4	21.60	0.20	21.33	21.78
2010	凡那比颱風	13	32.83	0.56	31.41	33.47
	莫蘭蒂颱風	3	18.39	0.10	18.27	18.45
2011	南瑪都颱風	8	20.74	0.88	19.37	21.68
2012	天秤颱風	5	23.06	2.75	19.54	25.35
	蘇拉颱風	16	12.61	0.17	12.31	12.84
2013	天兔颱風	4	22.17	1.60	20.09	23.43
	潭美及康芮颱風	6	20.28	0.47	19.61	20.70
2014	蘇力颱風	16	30.31	4.00	25.99	35.58
	鳳凰颱風	4	20.30	0.90	19.00	20.95
2015	麥德姆颱風	11	25.93	4.30	21.49	32.72
	杜鵑颱風	14	32.54	3.58	28.77	37.77
2016	蘇迪勒颱風	16	34.04	1.64	31.70	36.87
	尼伯特颱風	6	25.27	1.12	23.20	26.27
2017	梅姬颱風	16	37.20	0.99	36.07	38.62
	莫蘭蒂颱風	6	27.41	3.20	23.25	30.00
2018	尼莎暨海棠颱風	14	26.57	2.66	23.77	30.23
2018	瑪莉亞颱風	1	20.10	0.00	20.10	20.10
	總計	177	27.59	7.36	12.31	38.62

資料來源：本研究整理自中央氣象局。

附表 3-6 各縣市颱風最大瞬時風速統計

單位：公尺/每秒

縣市	樣本數	平均	標準差	最小值	最大值
南投縣	14	25.62	7.36	12.38	36.66
嘉義縣	14	26.20	6.53	12.72	36.07
基隆市	1	35.58	0.00	35.58	35.58
宜蘭縣	8	30.96	8.02	12.53	38.25
屏東縣	17	25.57	6.61	12.76	36.57
彰化縣	8	28.73	7.86	12.54	36.72
新北市	9	29.10	8.09	12.39	38.59
新竹縣	6	31.73	9.59	12.62	38.24
桃園市	5	29.56	9.96	12.69	38.44
臺中市	8	30.15	7.96	12.61	37.36
臺北市	6	31.24	9.72	12.43	38.62
臺南市	15	25.91	6.54	12.84	36.19
臺東縣	16	27.09	6.86	12.74	36.87
花蓮縣	15	26.89	7.32	12.31	37.15
苗栗縣	8	31.15	7.92	12.83	37.94
雲林縣	11	26.23	7.24	12.56	36.07
高雄市	16	26.15	6.29	12.81	36.24
總計	177	27.59	7.36	12.31	38.62

資料來源：本研究整理自中央氣象局。

附錄四 相關性統計



附表 4-1 損失數量與解釋變數之 Pearson 相關係數表

Ln LOSS KG							
氣候因素							
	Wind_MAX	Sum_MAX	Max_24H	PRESSURE			
	最大瞬時風速	總累積雨量	單日最強雨量	近臺最低氣壓			
	0.2411	0.3547	0.4356	-0.1399			
	風速門檻值						
	17.2m	20m	20.23m	27.59m			
	0.0526	0.2078	0.2661	0.1970			
	17.2m×WIND	20m×WIND	20.23m×WIND	27.59×WIND			
	0.1104	0.2335	0.2823	0.2006			
地理因素							
	RATE						
	坡度比例						
	-0.2579						
縣市	TPE	KEL	NTPC	TYN	HSZ	ZMI	
	臺北市	基隆市	新北市	桃園市	新竹縣	苗栗縣	
	-0.1891	-0.1539	-0.2385	-0.3131	-0.1336	-0.102	
	TXG	NTC	CHW	YUN	CYI		
	臺中市	南投縣	彰化縣	雲林縣	嘉義縣		
	0.0455	0.0049	-0.0053	0.0805	0.1775		
	KHH	TNN	PIF				
	高雄市	臺南市	屏東縣				
	0.1109	0.0084	0.2082				
	ILA	HUN					
	宜蘭縣	花蓮縣					
	0.0055	0.068					
路徑	PATH1	PATH2	PATH3	PATH4	PATH5	PATH6	PATH9
	路徑 1	路徑 2	路徑 3	路徑 4	路徑 5	路徑 6	路徑 9
	-0.1652	-0.2114	0.28	0.1474	-0.0098	-0.0284	-0.0364

資料來源：本研究整理。

附表 4-2 損失面積與解釋變數之 Pearson 相關係數表

Ln LOSS HA							
氣候因素							
	Wind_MAX	Sum_MAX	Max_24H	PRESSURE			
	最大瞬時風速	總累積雨量	單日最強雨量	近臺最低氣壓			
	0.2617	0.3316	0.3857	-0.1429			
	風速門檻值						
	17.2m	20m	20.23m	27.59m			
	0.0882	0.1382	0.1529	0.2431			
	17.2m×WIND	20m×WIND	20.23m×WIND	27.59×WIND			
	0.1425	0.1745	0.1849	0.2467			
地理因素							
	RATE						
	坡度比例						
	-0.1228						
縣市	TPE	KEL	NTPC	TYN	HSZ	ZMI	
	臺北市	基隆市	新北市	桃園市	新竹縣	苗栗縣	
	-0.0832	-0.0343	-0.1024	-0.0776	-0.0805	-0.092	
	TXG	NTC	CHW	YUN	CYI		
	臺中市	南投縣	彰化縣	雲林縣	嘉義縣		
	-0.0212	0.0355	-0.0836	-0.0245	0.2363		
	KHH	TNN	PIF				
	高雄市	臺南市	屏東縣				
	0.1197	-0.0295	0.195				
	ILA	HUN					
	宜蘭縣	花蓮縣					
	-0.0749	-0.0059					
路徑	PATH1	PATH2	PATH3	PATH4	PATH5	PATH6	PATH9
	路徑 1	路徑 2	路徑 3	路徑 4	路徑 5	路徑 6	路徑 9
	-0.0343	-0.2161	0.2406	0.1577	-0.0327	-0.074	-0.0619

資料來源：本研究整理。

附表 4-3 產量損率與解釋變數之 Pearson 相關係數表

LOSS KG RATE							
氣候因素							
	Wind_MAX	Sum_MAX	Max_24H	PRESSURE			
	最大瞬時風速	總累積雨量	單日最強雨量	近臺最低氣壓			
	0.4518	0.2939	0.3298	-0.1653			
	風速門檻值						
	17.2m	20m	20.23m	27.59m			
	0.1125	0.1991	0.2235	0.4590			
	17.2m×WIND	20m×WIND	20.23m×WIN D	27.59×WIND			
	0.2128	0.2678	0.2850	0.4654			
地理因素							
	RATE						
	坡度比例						
	-0.1443						
縣市	臺北市	基隆市	新北市	桃園市	新竹縣	苗栗縣	
	TPE	KEL	NTPC	TYN	HSZ	ZMI	
	0.1103	-0.04	-0.0855	-0.0979	-0.0441	-0.0585	
	臺中市	南投縣	彰化縣	雲林縣	嘉義縣		
	TXG	NTC	CHW	YUN	CYI		
	0.0269	-0.1308	0.0613	0.0409	0.0087		
	高雄市	臺南市	屏東縣				
	KHH	TNN	PIF				
	-0.0276	-0.0473	-0.0608				
	宜蘭縣	花蓮縣					
	ILA	HUN					
	0.2809	0.1252					
路徑	PATH1	PATH2	PATH3	PATH4	PATH5	PATH6	PATH9
	路徑 1	路徑 2	路徑 3	路徑 4	路徑 5	路徑 6	路徑 9
	-0.0553	-0.255	0.4684	0.0511	-0.0683	-0.1274	-0.107

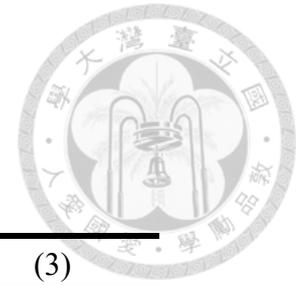
資料來源：本研究整理。

附表 4-4 面積損率與解釋變數之 Pearson 相關係數表

Ln LOSS KG							
氣候因素							
	Wind_MAX	Sum_MAX	Max_24H	PRESSURE			
	最大瞬時風速	總累積雨量	單日最強雨量	近臺最低氣壓			
	0.4416	0.2691	0.3234	-0.176			
	風速門檻值						
	17.2m	20m	20.23m	27.59m			
	0.1102	0.1925	0.2161	0.4485			
	17.2m×WIND	20m×WIND	20.23m×WIN D	27.59×WIND			
	0.2080	0.2598	0.2763	0.4550			
地理因素							
	RATE						
	坡地比例						
	-0.1101						
縣市	TPE	KEL	NTPC	TYN	HSZ	ZMI	
	臺北市	基隆市	新北市	桃園市	新竹縣	苗栗縣	
	0.18	-0.0533	-0.1005	-0.1205	-0.0597	-0.0322	
	TXG	NTC	CHW	YUN	CYI		
	臺中市	南投縣	彰化縣	雲林縣	嘉義縣		
	0.034	-0.1278	0.026	0.0845	0.0276		
	KHH	TNN	PIF				
	高雄市	臺南市	屏東縣				
	-0.0205	-0.0501	-0.0907				
	ILA	HUN					
	宜蘭縣	花蓮縣					
	0.2355	0.1319					
路徑	PATH1	PATH2	PATH3	PATH4	PATH5	PATH6	PATH9
	路徑 1	路徑 2	路徑 3	路徑 4	路徑 5	路徑 6	路徑 9
	-0.0533	-0.2415	0.4508	0.0439	-0.065	-0.1232	-0.1023

資料來源：本研究整理。

附錄五 雨量分析

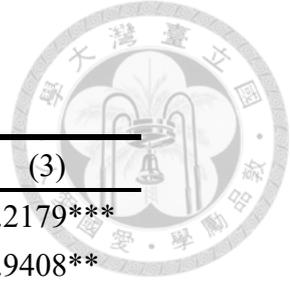


附表 5-1 損失數量模型之雨量變數比較表

變數代號	(1)	(2)	(3)
ln_Wind_MAX	1.6233***	1.6996***	1.3793***
ln_Max_24H	1.3075***		3.1740***
ln_Sum_MAX		1.0649***	-1.8066***
ln_PRESSURE	1.4062	0.1841	4.4961
RATE	-3.6295***	-3.8670***	-2.9880***
TPE	-2.2088***	-2.1937***	-2.3647***
KEL	-5.8714***	-6.1242***	-5.6674***
NTPC	-1.9814***	-2.1228***	-1.9973***
TYN	-5.3291***	-5.6894***	-4.9724***
HSZ	-2.1637***	-2.2905***	-2.0812***
ZMI	-0.7959	-0.7913	-0.9667
TXG	0.4795	0.3974	0.4569
NTC	0.9729	0.9796	0.7989
CHW	-1.4680*	-1.5588*	-1.4431*
YUN	-0.8439	-0.8964	-0.7597
CYI	1.0224*	1.0650*	0.9510*
KHH	0.2012	0.1975	0.2433
TNN	-0.5902	-0.5426	-0.6550
PIF	0.5568	0.4429	0.7670
ILA	-1.9778**	-2.0336**	-1.8338**
HUN	0.1043	-0.0374	0.3029
PATH1	-0.5287	-0.1910	-0.8466
PATH2	1.6812***	1.7696***	1.6716***
PATH3	2.4311***	2.4816***	2.6221***
PATH4	2.4988***	2.3799***	2.7814***
PATH5	1.0734	1.0232	1.3344
PATH6	0.1107	0.4245	-0.1230
PATH9	1.8199**	1.5281*	1.9808**
Constant	-9.7086	-0.4096	-30.3899
R Square	0.6740	0.6477	0.6894
樣本數	177	177	177

註：表中係數值；* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01。

附表 5-2 損失面積模型之雨量變數比較表



變數代號	(1)	(2)	(3)
ln_Wind_MAX	162.8988***	170.1745***	152.2179***
ln_Max_24H	96.2237***		177.9408**
ln_Sum_MAX		81.8884***	-79.0924
ln_PRESSURE	327.8350	221.3751	463.1149
RATE	-128.2748	-149.4697	-100.1906
TPE	-13.6141	-10.8557	-20.4390
KEL	-16.9423	-33.6200	-8.0103
NTPC	-11.1734	-18.9046	-11.8712
TYN	-30.4765	-55.0583	-14.8619
HSZ	-37.4190	-45.5426	-33.8070
ZMI	-15.3541	-13.0000	-22.8340
TXG	45.7842	41.4619	44.7976
NTC	146.5609***	149.0730***	138.9438***
CHW	-53.4024	-58.8016	-52.3143
YUN	-1.6799	-5.6565	2.0038
CYI	220.9107*	224.1724*	217.7851*
KHH	128.3060**	127.5786**	130.1488**
TNN	31.0328	34.4970	28.1971
PIF	173.1475**	164.1778*	182.3494**
ILA	-94.0395*	-98.9393*	-87.7359
HUN	51.9593	41.5774	60.6581
PATH1	153.4732*	176.3132**	139.5565
PATH2	63.0928	68.1671	62.6732
PATH3	111.5022**	111.9845**	119.8628***
PATH4	162.8775***	152.7405**	175.2503***
PATH5	37.3397	31.3198	48.7682
PATH6	-103.2038**	-82.7415**	-113.4357***
PATH9	27.1059	8.7720	34.1483
Constant	-3289.9319	-2514.6183	-4195.3724
R Square	0.4208	0.4061	0.4251
樣本數	177	177	177

註：表中為係數值；* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01。

附表 5-3 產量損率模型之雨量變數比較表

變數代號	(1)	(2)	(3)
ln_Wind_MAX	0.0946***	0.0982***	0.0883***
ln_Max_24H	0.0494***		0.0977*
ln_Sum_MAX		0.0416***	-0.0468
ln_PRESSURE	0.1921	0.1393	0.2721
RATE	-0.0462	-0.0567	-0.0296
TPE	0.0917*	0.0930*	0.0877*
KEL	-0.0150	-0.0238	-0.0097
NTPC	-0.0286	-0.0329	-0.0290
TYN	-0.0655	-0.0783	-0.0563
HSZ	-0.0301	-0.0344	-0.0280
ZMI	-0.0210	-0.0200	-0.0254
TXG	0.0275	0.0251	0.0269
NTC	-0.0129	-0.0118	-0.0174
CHW	0.0275	0.0246	0.0282
YUN	0.0151	0.0131	0.0173
CYI	0.0134	0.0150	0.0115
KHH	0.0011	0.0008	0.0022
TNN	-0.0078	-0.0060	-0.0095
PIF	-0.0068	-0.0113	-0.0013
ILA	0.1333**	0.1309*	0.1370**
HUN	0.0671	0.0617	0.0722
PATH1	0.0570	0.0690	0.0488
PATH2	0.0241	0.0269	0.0239
PATH3	0.1103***	0.1109***	0.1152***
PATH4	0.0827**	0.0777**	0.0900**
PATH5	0.0241	0.0213	0.0309
PATH6	-0.0343*	-0.0235	-0.0403*
PATH9	0.0434**	0.0336*	0.0475**
Constant	-1.8503	-1.4629	-2.3858
R Square	0.5092	0.4971	0.5134
樣本數	177	177	177

註：表中為係數值；* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01。

附表 5-4 面積損率模型之雨量變數比較表



變數代號	(1)	(2)	(3)
ln_Wind_MAX	0.1004***	0.1040***	0.0911**
ln_Max_24H	0.0568***		0.1279**
ln_Sum_MAX		0.0469***	-0.0688
ln_PRESSURE	-0.0678	-0.1239	0.0500
RATE	-0.0779	-0.0889	-0.0534
TPE	0.1689**	0.1699**	0.1630**
KEL	-0.0500	-0.0607	-0.0423
NTPC	-0.0328	-0.0384	-0.0334
TYN	-0.0924	-0.1077*	-0.0788
HSZ	-0.0400	-0.0453	-0.0368
ZMI	0.0059	0.0064	-0.0006
TXG	0.0451	0.0418	0.0442
NTC	-0.0048	-0.0042	-0.0115
CHW	0.0071	0.0033	0.0080
YUN	0.0385	0.0362	0.0418
CYI	0.0284	0.0303	0.0257
KHH	0.0043	0.0041	0.0059
TNN	-0.0089	-0.0069	-0.0114
PIF	-0.0259	-0.0309	-0.0179
ILA	0.1228*	0.1202*	0.1283*
HUN	0.0807	0.0745	0.0882
PATH1	0.0535	0.0678	0.0414
PATH2	0.0132	0.0168	0.0128
PATH3	0.1122***	0.1138***	0.1195***
PATH4	0.0742*	0.0688	0.0850**
PATH5	0.0089	0.0063	0.0188
PATH6	-0.0426	-0.0295	-0.0515*
PATH9	0.0507**	0.0386*	0.0569**
Constant	-0.1084	0.3120	-0.8966
R Square	0.5047	0.4906	0.5116
樣本數	177	177	177

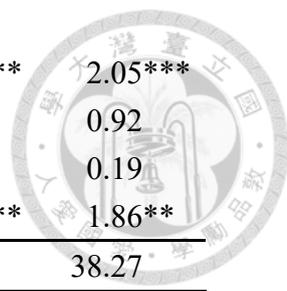
註：表中為係數值；* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01。

附錄六 風速分析



附表 6-1 損失數量模型之風速門檻值比較表

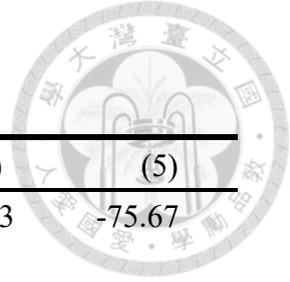
變數代號	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ln_Wind_MAX	1.62***	22.75	-7.56***	-8.37***	-0.57
17.2m		38.61			
17.2m×Wind		-17.17			
20m			-37.68***		
20m×Wind			12.96***		
20.23m				-38.61***	
20.23m×Wind				13.42***	
27.59m					-13.39*
27.59m×Wind					4.32*
ln_Max_24H	1.31***	1.11***	1.05***	1.03***	1.24***
ln_PRESSURE	1.41	-5.15	-6.41	-7.35	-4.59
RATE	-3.63***	-2.87***	-2.82***	-2.81***	-3.08***
TPE	-2.21***	-2.84***	-2.91***	-2.84***	-2.84***
KEL	-5.87***	-6.27***	-6.28***	-6.18***	-6.35***
NTPC	-1.98***	-2.37***	-2.47***	-2.42***	-2.38***
TYN	-5.33***	-5.66***	-5.65***	-5.60***	-5.59***
HSZ	-2.16***	-2.80***	-2.79***	-2.72***	-2.70***
ZMI	-0.80	-1.45**	-1.39**	-1.33**	-1.34*
TXG	0.48	0.11	0.09	0.14	0.15
NTC	0.97	1.04*	1.11**	1.27**	0.77
CHW	-1.47*	-1.34*	-1.39**	-1.36*	-1.40*
YUN	-0.84	-0.32	-0.18	-0.11	-0.63
CYI	1.02*	1.22**	1.20**	1.19**	1.10*
KHH	0.20	0.42	0.41	0.39	0.37
TNN	-0.59	-0.31	-0.32	-0.30	-0.46
PIF	0.56	0.95	0.94	0.92	0.82
ILA	-1.98**	-2.05***	-2.05***	-1.98***	-2.17***
HUN	0.10	0.29	0.24	0.35	0.02
PATH1	-0.53	-0.10	-0.20	1.23	-0.62
PATH2	1.68***	0.23	0.14	0.04	1.22**
PATH3	2.43***	1.03*	1.00*	0.97*	1.81***



PATH4	2.50***	1.51**	1.45**	1.43**	2.05***
PATH5	1.07	0.77	0.60	0.80	0.92
PATH6	0.11	0.70	0.96	0.97	0.19
PATH9	1.82**	1.84**	1.71**	1.60**	1.86**
Constant	-9.71	-14.97	70.95	79.62	38.27
R Square	0.67	0.74	0.74	0.75	0.70
Num of Obs	177	177	177	177	177

註：表中為係數值；* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01。

附表 6-2 損失面積模型之風速門檻值比較表

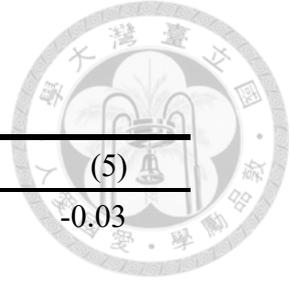


變數代號	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ln_Wind_MAX	162.90***	-1475.92	-95.61	-163.23	-75.67
17.2m		-5223.54			
17.2m×Wind		1922.09			
20m			-1956.96***		
20m×Wind			611.28***		
20.23m				-2149.52***	
20.23m×Wind				684.58***	
27.59m					-1088.07
27.59m×Wind					364.38
ln_Max_24H	96.22***	78.82***	87.15***	85.49***	89.78***
ln_PRESSURE	327.84	-124.40	-117.23	-107.02	-403.87
RATE	-128.27	-73.85	-103.37	-94.21	-59.28
TPE	-13.61	-69.46	-67.80	-72.36	-79.11
KEL	-16.94	-51.41	-71.44	-71.32	-56.05
NTPC	-11.17	-50.29	-42.79	-46.73	-57.21
TYN	-30.48	-55.78	-62.59	-63.75	-55.57
HSZ	-37.42	-85.66**	-91.30**	-94.36**	-90.82*
ZMI	-15.35	-58.58	-58.87	-63.27	-75.49
TXG	45.78	15.31	16.19	13.16	11.21
NTC	146.56***	144.49***	137.39***	132.92***	122.14**
CHW	-53.40	-51.16	-55.82	-55.07	-42.86
YUN	-1.68	32.15	8.27	14.45	23.23
CYI	220.91*	235.20**	242.79**	241.35**	227.75**
KHH	128.31**	144.97**	152.16***	151.06***	147.66**
TNN	31.03	52.82	47.62	48.06	45.59
PIF	173.15**	201.04**	194.65**	197.68**	205.62**
ILA	-94.04*	-104.53*	-119.72**	-118.52*	-111.50*
HUN	51.96	57.66	57.53	53.07	43.23
PATH1	153.47*	195.61**	250.50***	150.65*	140.83*
PATH2	63.09	-37.92	-6.13	-13.82	10.13
PATH3	111.50**	14.91	35.18	27.88	47.27
PATH4	162.88***	93.48	119.85**	111.20*	112.28*
PATH5	37.34	19.86	69.91	41.39	17.23
PATH6	-103.20**	-58.14	-52.45	-49.34	-92.73**

PATH9	27.11	23.03	76.72	68.69	35.74
Constant	-3289.93	4222.48	610.33	727.78	2466.54
R Square	0.42	0.47	0.49	0.48	0.46
Num of Obs	177	177	177	177	177

註：表中為係數值；* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01。

附表 6-3 產量損率模型之風速門檻值比較表



變數代號	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ln_Wind_MAX	0.09***	1.88	-0.09	-0.13	-0.03
17.2m		3.93			
17.2m×Wind		-1.63			
20m			-1.19***		
20m×Wind			0.38***		
20.23m				-1.29***	
20.23m×Wind				0.42***	
27.59m					-0.28
27.59m×Wind					0.11
ln_Max_24H	0.05***	0.04***	0.04***	0.04***	0.05***
ln_PRESSURE	0.19	-0.08	-0.07	-0.08	-0.27
RATE	-0.05	-0.02	-0.03	-0.02	-0.00
TPE	0.09*	0.07	0.06	0.06	0.06
KEL	-0.02	-0.03	-0.04	-0.04	-0.02
NTPC	-0.03	-0.04	-0.05	-0.05	-0.06
TYN	-0.07	-0.08*	-0.08*	-0.08*	-0.08
HSZ	-0.03	-0.05	-0.06	-0.06	-0.05
ZMI	-0.02	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05
TXG	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01
NTC	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.03
CHW	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
YUN	0.02	0.04	0.02	0.03	0.03
CYI	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
KHH	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
TNN	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.00
PIF	-0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
ILA	0.13**	0.13*	0.12*	0.12*	0.13*
HUN	0.07	0.08	0.07	0.07	0.06
PATH1	0.06	0.07	0.10**	0.07	0.05
PATH2	0.02	-0.04	-0.02	-0.02	-0.01
PATH3	0.11***	0.05*	0.06**	0.06**	0.08**
PATH4	0.08**	0.04	0.05	0.05	0.05
PATH5	0.02	0.01	0.04	0.02	0.01
PATH6	-0.03*	-0.01	-0.00	-0.00	-0.03

PATH9	0.04**	0.05**	0.07***	0.06***	0.05**
Constant	-1.85	-4.40	0.57	0.70	1.71
R Square	0.51	0.56	0.56	0.56	0.54
Num of Obs	177	177	177	177	177

註：表中為係數值；* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01。

附表 6-4 面積損率模型之風速門檻值比較表

變數代號	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ln_Wind_MAX	0.10***	2.91*	-0.13	-0.17	-0.05
17.2m		6.44*			
17.2m×Wind		-2.63*			
20m			-1.39***		
20m×Wind			0.45***		
20.23m				-1.50***	
20.23m×Wind				0.49***	
27.59m					-0.41
27.59m×Wind					0.15
ln_Max_24H	0.06***	0.05***	0.05***	0.05***	0.05***
ln_PRESSURE	-0.07	-0.38	-0.38	-0.38	-0.59
RATE	-0.08	-0.04	-0.06	-0.05	-0.03
TPE	0.17**	0.15**	0.13*	0.13*	0.13*
KEL	-0.05	-0.06	-0.08*	-0.08*	-0.06
NTPC	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.06
TYN	-0.09	-0.11*	-0.11*	-0.11*	-0.11*
HSZ	-0.04	-0.07	-0.07*	-0.07*	-0.07
ZMI	0.01	-0.03	-0.02	-0.02	-0.03
TXG	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02
NTC	-0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.02
CHW	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
YUN	0.04	0.07	0.05	0.05	0.06
CYI	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03
KHH	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02
TNN	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
PIF	-0.03	-0.01	-0.01	-0.01	-0.00
ILA	0.12*	0.12*	0.11	0.11	0.11
HUN	0.08	0.09*	0.08	0.08	0.08
PATH1	0.05	0.07	0.11*	0.07	0.04
PATH2	0.01	-0.06*	-0.04	-0.04	-0.02
PATH3	0.11***	0.05	0.06*	0.05	0.07**
PATH4	0.07*	0.03	0.04	0.04	0.04
PATH5	0.01	-0.01	0.02	0.01	-0.01
PATH6	-0.04	-0.02	-0.01	-0.01	-0.03

PATH9	0.05**	0.06**	0.08***	0.07***	0.06**
Constant	-0.11	-4.94	2.72	2.89	3.95
R Square	0.50	0.56	0.56	0.56	0.54
Adj R Square	0.41	0.47	0.47	0.47	0.45
Num of Obs	177	177	177	177	177

註：表中為係數值；* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01。