# 各國農業氣候指數保險發展沿革與模型建構之研究

周百隆[1]

國立高雄科技大學風險管理與保險系 教授 編譯

摘要

農業氣候指數保險(Agricultural Weather Index Insurance, AWII) 可以降低傳統農業保險以實際災害損失作為賠款依據所造成的出險理賠估算困難，並避免因訊息不對稱引發道德風險與逆向選擇問題，因此對投保規模較小農戶而言特別重要。台灣農民對於的 AWII 接受度較低，可能原因是 AWII 的保費與保障範圍尚未符合農民的需要。此外台灣目前市場現行的 AWII 保單亦已造成保險公司的巨額出險理賠。透過更準確的氣溫與降雨估計將有助於改進 AWII 的設計與條款，有助於更廣泛地採用保險。

Agricultural Weather Index Insurance (AWII) plays important role on smaller farmers by reducing the difficulty of estimating claims caused by traditional agricultural insurance based on actual disaster losses. AWII could avoid moral hazard and adverse selection causing by information asymmetries. Taiwan's AWII premiums and coverage could not meet the actual demand of farmers, and result in the low acceptance of AWII. In addition, the current AWII policies have also carry out huge insurance claims by insurance companies in Taiwan. More accurate estimation of temperature and rainfall will help improve the design and clause of AWII, and contribute to wider adoption of AWII.

關鍵詞：農業氣候指數保險、氣候變遷、農業損害。

Keywords: Agricultural Rainfall Index Insurance (AWII), Climate Change, Agricultural Damage

---

[1]周百隆，教授，國立高雄科技大學風險管理與保險系，plchou@nkust.edu.tw。感謝科技部(Ministry of Science and Technology, MOST) 2012、2015、2017、2019、2020 多年專題研究計畫經費補助。

# 各國農業氣候指數保險發展沿革與模型建構之研究

## 壹、緒論

近年來全球異常氣候頻傳，北半球的冬季巨型颱風不斷地形成，反觀 2019 年 12 月南半球的澳洲，多處地區的降雨量與土壤濕度近年屢創新低，乾燥的氣候條件，造成低新南威爾斯省也因高溫造成極大規模的森林大火。森林大火肆虐嚴重地區造成至少 270 萬公頃的新南威爾斯省土地被燒毀。近年全球的氣候異常造成火災、煙霧等，以致於整體經濟損失相當驚人。資料顯示 2018 年全球保險損失金額超越 847 億美元，而整體經濟損失更達 1,651 億美元，將近 51%的經濟損失由保險來承擔，上述其中自然災害所造成的理賠將近 760 億美元，與前 10 年的平均值相比高出了 130 億美元，而人為災害的部分今年則接近 90 億美元，與前年 70 億美元相比多出了將近 20 億美元，足可見保險產業對於全球氣候變遷及巨災風險的重要性。

以全球各地區而言，北美洲的保險損失 529 億占經濟損失 805 億的 65.7%，以及大洋洲的保險損失 16 億占經濟損失 23 億的 69.6%，皆高於平均 51%，其保險意識與實際投保數遠遠高於其他地區。而排名在後，亞洲的保險損失 204 億僅占經濟損失 547 億的 37.3%；歐洲的保險損失 77 億占經濟損失 207 億的 37.2%；拉丁美洲的保險損失 13 億占經濟損失 49 億的 26.5%；非洲的保險損失 2 億占經濟損失 13 億的 15.42%。特別值得一提的是全球航運及航太產業，由於海空運輸的特殊性造成投保的必須性，因此其保險損失 6 億占經濟損失 7 億的 85.7% (詳如表 1)。

雖然乾旱和洪水造成全球經濟失衡及農業災損嚴重，但多數地區受限於幅員廣闊、生活水平過低等眾多的限制條件，特別是非洲及拉丁美洲等地區，以致無法取得合適的保險，造成風險分擔的不完全，也造成生產者與銷售者面臨前有未見的險峻考驗。多數證據亦顯示鄉村地區因所得偏低、耕作理賠道德風險問題無法釐清等因素，多數天然災害保險之設計僅針對製造及服務產業，其餘農林漁牧之生產皆無法適時取得合宜之風險分攤。農業氣候指數保險(Agricultural Weather Index Insurance, 以下簡稱

AWII)可以降低傳統以賠償為基礎的農業保險方案所涉及昂貴的交易成本，因此有助農場平均規模較小的地區或國家(Carter, Janvry, Sadoulet, & Sarris, 2017)。

由於傳統的農業保險以實際災害損失作為賠款依據，這種經營模式往往由於訊息不對稱引發道德風險與逆選擇問題，故農業保險的交易成本普遍較高(Skees & Barnett, 2006; Barnett & Mahul, 2007; Kath et al., 2019)。 保險人在農作物成長階段承保時，由於農作物的標的尚未真正採收，故其價值無法確實評定之。使得保險公司與要保人雙方在查勘、鑑定、估價、理賠等方面往往存在較大分歧，從而限制了農業保險業務的推行。特別是農作物成長期間容易遭受天然災害的侵襲，農民對於作物損害防制的行為影響危險損失的程度。為了避免農民疏於施肥、除草、防災預防等心理危險而使得災害損失範圍擴大，甚至不積極從事生產而希冀獲得更多理賠補償之道德危險的發生，一般保險公司都採取不足額承保的方式。

表 1　2018 年各地區別經濟和保險損失金額表　　單位：美元

| 地區 | 保險損失金額 | 保險損失占比 | 經濟損失金額 | 經濟損失占比 |
|---|---|---|---|---|
| 北美洲 | 529 億 | 62.5% | 805 億 | 48.8% |
| 拉丁美洲 | 13 億 | 1.5% | 49 億 | 2.9% |
| 歐洲 | 77 億 | 9.1% | 207 億 | 12.5% |
| 非洲 | 2 億 | 0.2% | 13 億 | 0.8% |
| 亞洲 | 204 億 | 24.0% | 547 億 | 33.2% |
| 大洋洲 | 16 億 | 1.9% | 23 億 | 1.4% |
| 航運/航太 | 6 億 | 0.7% | 7 億 | 0.4% |
| 全球 | 847 億 | 100% | 1,651 億 | 100% |

資料來源：瑞士再保
https://www.swissre.com/dam/jcr:c37eb0e4-c0b9-4a9f-9954-3d0bb4339bfd/sigma2_2019_en.pdf

本文將探討各國農業氣候指數保險的發展沿革及制度差異，剖析台灣

現有 AWII 的保費與保障範圍及台灣農民接受度，並尋求精確的氣溫、降雨與風量等估計模型對 AWII 的設計與條款之助益。

## 貳、各國農業氣候指數保險之發展沿革

然而綜觀國際，在全球氣候變遷幅度愈來愈快速之際，針對氣候變遷的農產品損失保險愈來愈受到重視，對於所得相對較低的區域或國家，如墨西哥與印度等，氣候保險是一個有效的移轉風險的機制。而農業指數保險的基本特徵為，保險產品之指數須用於與農業相關之產量或收入成果。該指數必須滿足一些額外的特性、信心和信任且市場參加者認為該指數是可信、可靠，且人為所不能操縱，亦即指數之測量風險要低。而一個合適的測量指數需要可度量的隨機變量以滿足以下條件，第一、可觀察並容易衡量；第二、目的；第三、透明；第四、獨立實證；第五、及時報告；第六、穩定和可持續隨著時間的推移。(Barnett & Mahul, 2007；Kath et al., 2019)

相對於傳統的保險契約，氣候指數保險指因天氣異常導致企業或個人遭受經濟損失後，由保險公司對投保者提供賠償，亦即在事先指定的區域內，以一種事先約定的氣象事件如氣溫與降雨量等的發生為基礎，確定損失補償支付的保險契約。換言之，以氣象觀測資料為依據，不需要保險者提供實際的作物產量數據和進行查勘鑑定， 即與作物的收穫量無關，可節省監測成本並提高市場透明度，進而消除資訊不對稱與逆選擇的問題，如能妥善運用配合降雨機率預測的農業指數保險，應能有效降低農業災損，協助農民進行生產氣候風險管理。

由於世界銀行的積極推廣，指數保險已經在相當多的國家開始實施或推廣，包含亞洲的越南、泰國、中國、印度、孟加拉、哈薩克，拉丁美洲的墨西哥、尼加拉瓜，以及非洲的摩洛哥、馬拉威、衣索比亞等等國家，指數保險產品也隨各國國情不同而有所差異，推廣後的反應情況也視各國配合程度不同而異(Barnett & Mahul, 2007)。

指數保險實施初期乃針對降雨不足地區之耕作農民提供保險產品銷售，而由公部門或專案計畫負擔保險費用，如墨西哥指數保險以各州政府

為推展對象，共計施行耕地面積達 120 萬公頃、保費總額達 1700 萬美元；衣索比亞之指數保險則由世界糧食計畫協助，保險總額亦達 700 萬美元 (如表 2) 。爾後指數保險開始針對降雨過多地區進行保險產品規劃，如孟加拉於 2008 年測試稻米指數保險與洪水之指數保險兩者，分別以小型貸款農家、自然災害基金為推展對象；越南也積極推展洪水指數保險，以小型貸款農家為推展對象 (如表 3) 。

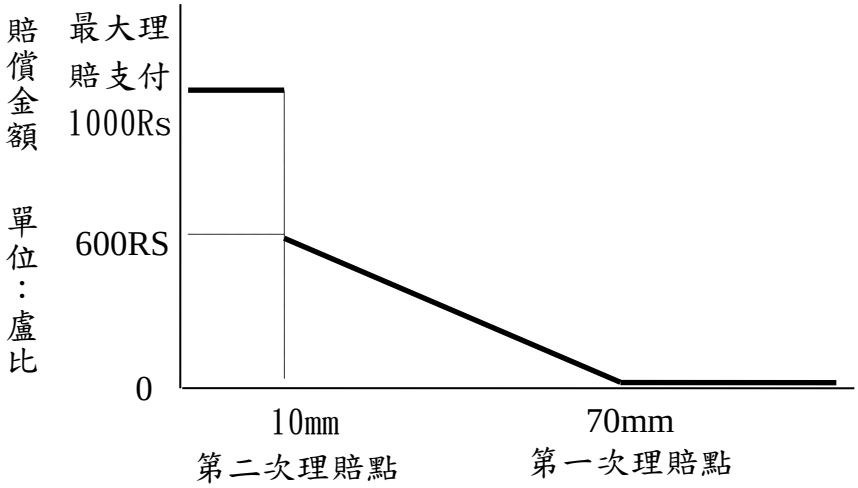
表 2 各國指數保險實際運作情況一覽表

| 國家 | 產品 | 客戶 | 說明 |
|---|---|---|---|
| 墨西哥 | 指數保險 | 州政府 | 120 萬公頃的範圍；保費總額為 1700 萬美元[2] |
| 印度 | 農作物之指數保險(如：稻米、花生) | 小型農家經由直接代理或農村金融機構服務 | 2005-2006 年銷售保單為 250,000 張，保費總額為 2000 萬美元[1] |
| 烏克蘭 | 指數保險 | 大型農家 | 2005 年只銷售 2 份契約[1] |
| 馬拉威 | 花生之指數保險 | 小型貸款之農家 | 2006 年銷售保單為 2500 張，保費總額為 7000 美元[1] |
| 衣索比亞 | 指數保險 | 世界糧食計畫 | 保險總額為 700 萬美元[2] |
| 中國 | 蔬菜之指數保險 | 貸款農家 | 在上海進行小規模測試[2] |

資料來源：[1]Barnett & Mahul (2007)、[2]周百隆(2012)及本研究整理而得。

印度由於幅員廣大的原因，地勢較低地區則面臨水患，相反地勢較高耕作地區面臨乾旱，在指數保險推展時，難度相對也比較高，其推展之農作物之指數保險(如：稻米、花生)，由小型農家經由直接代理或農村金融機構服務，於 2005-2006 年銷售保單為 250,000 張，保費總額達 2000 萬美元。依據農作物的成長至收成共分為三個階段，即播種期、成長期與收成期，其播種與成長期為 35 天，收成期為 40 天，而賠款給付的依據是各期間起迄的累積雨量。由於印度夏季的降雨量占全年降雨量的 80%，若印度季風所帶來的降雨量不足則會嚴重影響農作物的生長。因此，印度播種期

與成長期降雨量與賠款給付的關係，當降雨量於 70 公釐以上時則不給付；10-70 公釐時，每減少 1 公釐則給付 10 盧比；10 公釐以下固定給付 1000 盧比。反之，收成時期降雨量於 70 公釐以上固定給付 1000 盧比；10 公釐以下則不給付賠款(詳如圖 1)(周百隆，2013)。




農作物在特定期間下之降雨量　單位：公釐

圖 1　印度播種期與成長期降雨量與賠款給付的關係

資料來源：Gine et al., 2007

Changnon 與 Changnon (1989)著眼於各地區雨量的變化對於費率釐定的關係，透過美國 1950-1984 年每小時的歷史雨量記錄來建立降雨保險的費率。依據各地區降雨時數的平均年度頻率以觀察降雨量分布，進而探討費率區域如何劃分，並指出有 15%區域 5、10 年的平均雨量在 5-15 年的短期趨勢中呈現較大的波動，因此應每 5 年重新調整保費的計算。

降雨指數保險能促使家計單位、集團與政府部門有效抑減天氣風險所導致的損失，不論在降雨量過多或過少時。降雨指數保險具有高保險透明度、管理成本低廉、損失賠款迅速，以及較少有道德風險與逆選擇的問題(World Bank 2005; Gine et al., 2007; Kath et al., 2019)。由於世界銀行的積極推廣，指數保險已經在相當多的國家開始實施或推廣，包含亞洲的越南、泰國、中國、印度、孟加拉、哈薩克，拉丁美洲的墨西哥、尼加拉瓜，以及非洲的摩洛哥、馬拉威、衣索比亞等等國家，指數保險產品也隨各國國情不同而有所差異，推廣後的反應情況也視各國配合程度不同而異。此

外，由於該險種能有效地強調雨量風險的訊息對稱性，故能吸引再保險業者的投入(Stoppa & Hess, 2003; Kath et al., 2019)。

表 3 指數保險發展中之各國執行情況一覽表

| 國家 | 產品 | 客戶 | 說明 |
|---|---|---|---|
| 坦尚尼亞 | 玉米之指數保險 | 小型貸款農家 | 乾旱開始於 2007 年;於 2007 年底實施[1] |
| 尼加拉瓜 | 指數保險 | 小型農家 | 正在實施中[2] |
| 泰國 | 指數保險 | 小型貸款農家 | 於 2007 年實施[1] |
| 哈薩克 | 指數保險 | 中、大型農家 | 增加多種強制農作物保險[2] |
| 塞內加爾 | 花生之指數保險 | 小型貸款農家 | 與面積產量保險作連結[2] |
| 摩洛哥 | 農作物之指數保險 | 貸款農家 | 增加賠償的旱災保險計劃[2] |
| 孟加拉 | 稻米之指數保險 | 小型貸款農家 | 於 2008 年測試[2] |
| | 洪水之指數保險 | 自然災害基金 | 推展中[2] |
| 越南 | 洪水之指數保險 | 小型貸款農家 | 推展中[2] |
| 加勒比海 | 指數保險及颶風指數保險 | 經濟作物農家 | 新成立的加勒比災害風險保險機構[2] |

資料來源：[1]Barnett & Mahul (2007)、[2]周百隆(2012)及本研究整理而得。

## 參、推動農業氣候指數保險之優劣分析

指數保險之運用自有其相對的優、缺點，但是只要個別農民無法影響理賠標的之價值實現，運用指數保險核保理賠時就不受到農民道德風險與逆向選擇的影響。如果發生異於常態的天然災害時，政府則可另外給予保費補貼，以增加總保費收入之來源，因此政府須限制賠償責任以限定補貼金額支付給被保險人。由於高齡化造成台灣農業整體產業結構的轉變，造成產量及所得分配嚴重不均，由於農產品保險出險勘災理賠的成本日益提高，依地區差異合宜地發展農業降雨指數保險，將有利於改善農民整體經濟條件偏低且不穩定的情況。由於台灣過去多年來颱風豪雨災情頻傳，如

果能依不同區域之間存在長期差異估算其曝險程度，差異的主因乃是空間變異性所造成的氣候變化(周百隆，2015)。這些研究使用不同區域農場水平的產量數據，多設計各式依降雨量預測為基礎的指數保險，將可有效改善目前農業損失皆由災後概估後再加以補助的現況。

相對於傳統損失賠償保險受到道德風險、逆向選擇和高交易成本等問題的困擾，氣候指數保險指因天氣異常導致企業或個人遭受經濟損失後，由保險公司對投保者提供賠償，亦即在事先指定的區域內，以一種事先約定的氣象事件如氣溫與降雨量等的發生為基礎，確定損失補償支付的保險契約。換言之，以氣象觀測資料為依據，不需要保險者提供實際的作物產量數據和進行查勘鑑定，即與作物的收穫量無關，可節省監測成本並提高市場透明度，進而消除資訊不對稱與逆選擇的問題，如能妥善運用配合降雨機率預測的農業指數保險，應能有效降低農業災損，協助農民進行生產氣候風險管理(Rao et al., 2015; Noy et al., 2017)。

透過長期的產量及降雨量數據的累積與分析，將有助於評估氣候條件所造成的地理差異性對於各區域產量的影響。本研究擬透過台灣過去數十年各地區的降雨量與農產品產量的資料蒐集，測試不同區域農戶及農場之間存在產量及收益的差異存在的可能原因，為探討其合理保費與保額區間，測試氣候與空間變異性之間的關係模擬具效率且差異化指數保險，同時一併考量風險趨避程度、災害控阻投入與否等相關因子。

在台灣，2017 年 3 月底行政院金融監督管理委員會才核准第一張「降水量參數養殖水產保險」商業保險保單 [2]，其承保對象為屏東縣的養殖水產戶，不料同年 7 月立即遇上兩個颱風襲擊屏東縣，兩天內累積雨量超過六百多毫米，達到 100%門檻理賠點，產物保險公司共計賠付近兩千萬元，造成保險公司的巨額出險理賠(周百隆，2019)。

在中國，因降雨量所設計的保險商品主要為政策性為主，可分為兩大類，第一類為針對登記立案貧困戶的政策性氣候指數保險，不論農戶種植

[2] 台灣針對天候因素敏感度高之水產養殖產業，第一張承保包含颱風、洪水及傳染病為主之水產養殖保單，已於 2014 年 10 月已經上市，不過因保費過高，市場上幾無投保意願。

項目為何，對於強降雨發生時加以理賠，已於 2017 年開始推出；第二類是針對特定農作物在生產期間因降雨可能造成的品質、產量與價格的損失加以賠付，其性質上與國際上各國長期間發展方向較為貼近，已於 2016 年開始試辦(周百隆，2019)。

過去對於以氣候指數為基準之避險方式分為幾大類，針對指數指標加以區分者，如依乾旱、降雨、氣溫，甚至積雪等指標 (Stoppa & Hess, 2003)；氣候指數保險 AWII 的實施改善，能為農家、農企業與政府部門，不論在氣溫及降雨量過高或過低時，提供抑減天氣風險所導致的損失，AWII 具有高保險透明度、管理成本低廉、損失賠款迅速，以及較少有道德風險與逆選擇的問題，AWII 有效地強調溫度及雨量風險的訊息對稱性，故能吸引再保險業者的投入(Stoppa & Hess, 2003; World Bank, 2005; Gine et al., 2007)。

最新農業保險型態以指數型態為理賠基礎的主要指標：降雨、風速、降雪、溫度、產量等，舉例以生產期年均雨量為基礎，當該地區雨量或農產產量未達平均值特定比重(通常為 50%～90%)，可獲賠付。美國、印度、巴西、墨西哥與加拿大等國推行已久，近年來開始在亞洲地區推動。由於指數型商品為一種二元形態，難免有失公平，因此，理賠標準之參數必須儘可能地客觀公正，相關資訊必須可即時取得，以防止各種模糊地帶之產生或不當之人為操縱。氣候衍生性商品為現今指數型商品最大的市場，成為農業財務風險管理之一環。適合的氣候衍生性商品可做為災害發生前之風險融資工具。此類型商品具有管理容易、理賠迅速且可避免(或減低)道德危險與逆選擇之負面影響，具有理賠處理效率與容易管理等優點，在印度、越南與許多非洲國家等地發展迅速。

唯有透過建立指數保險的數理模擬架構，方可釐清因緯度、海拔、空間相依以及沿海與否等關鍵因素，所造成的產量差異所在，以 Kath et al. (2019)研究澳洲的小麥生產為例，研究發現降水變化是多年小麥產量的關鍵決定因素，且當在累積降雨小於恆常 30％大多數地區表現良好，並且相互關係也與其他模型一致，世界其他地區的其他研究也得出類似的結論，

降雨指數保險可能是轉移農作物作物風險的合適手段(Vedenov & Barnett, 2004; Adeyinka et al., 2016)。

氣候變化使農作物損失破壞了農業生產的財務穩定性(Kath et al., 2018)，因此，重要的是找出有效的方法來管理氣候變化造成的損失。否則，全球主要的糧食作物可能沒辦法按照需求量生產，進而損害全球糧食安全。保險業已被用來管理產量損失，包括氣候造成的損失已有數十年之久，但是卻面臨著一些挑戰。

為了解決保險購買率低以及農民面對氣候風險的高風險的問題，已經開發了指數保險產品，作為針對氣候風險的某些方面進行保險的潛在更具成本效益的手段(Barnett & Mahul，2007；Kath et al., 2019)。指數保險比賠償保險有多個好處，因為它不需要昂貴的現場評估，並限制了由於信息不對稱或錯誤報告損失而造成的道德風險。指數保險為農民轉移氣候風險提供了一種廉價而有效的方法。儘管氣候指數保險具有潛在的好處，但通常會受到重大基礎風險。有關農業氣候指數保險的優劣分析(SWOT)可彙整如表 4。

表 4　農業氣候指數保險市場發展的優劣分析表

| 優勢 | 劣勢 |
| --- | --- |
| 1.降低道德風險<br>保險賠償金不依賴於個別生產者實際產量，可避免農民疏於施肥、除草、防災預防等心理危險而史的災害損失範圍擴大，甚至不積極從事生產而希望獲得個多理賠補償之道德危險的發生。 | 1.氣候基礎風險<br>指數和實際損失沒有十足的對應關係，其指數保險非為充分效率的風險管理工具，僅能提供風險較小之農民自我保險，或作為私人保險公司承保之配套產品；指數保險與農業財務之混合亦僅提供極端事件之承保範圍。 |
| 2.減少逆向選擇<br>保險賠償金被廣泛用於有效的信息，因此很少有信息不對稱被剝削。 | 2.良好精算概念<br>保險人必須了解指數之統計特性。 |
| 3.降低行政成本<br>無須針對個別農場進行審視與核保作業。 | 3.資訊對稱<br>農民必須能夠評估指數保險是否能提供農場經營之效率風險管理。 |
| 4.標準化及透明的結構<br>每一位投人農民皆能取得透明氣候資訊化，建立一致的契約結構。 | 4.市場規模<br>市場仍處於初期階段之中低收入國家，政府需配套創業成本以建立基礎市場規模。 |
| 5.有效性及可轉售性<br>標準化和透明之契約，可在二手市場裡交易。 | 5.天氣週期<br>合理的保費可能會遭到天氣週期影響，改變被保險人的事件機率，如聖嬰現象。 |
| 6.再保險功能<br>指數保險可普遍移轉易於農業生產損失之風險。 | 6.氣候指標<br>對於損失頻繁的區域，影響生產條件的降雨、風量或氣溫等指數部分難以作為契約基礎。 |
| 7.複合功能性<br>指數契約可輕易地與其他金融機構搭配，以減輕儲蓄與借貸之風險問題。 | 7.預測<br>對於未來可能發生之事件，不對稱信息將產生潛在跨期逆向選擇。 |

資料來源：周百隆(2012)、周百隆(2015)及本研究整理

## 肆、尋找 AWII 預期損失模型的效率指標

影響 AWII 最深遠的就是預期損失的建模與估計，以氣溫及降雨為例，如果不能正確地推論出氣溫對乾溼的影響，將無法順利計算出預期損失模型並估算出合理保險費用。依照公平保費的概念，亦即保費按每年保險未來回報的預期價值(預期的年度損失，Expected Annual Loss, EAL)計算，由 t 年契約的年度無風險利率 (r) 折現。如式(1)：

$$\text{Premium=Present Value(Average Payout)}=\frac{1}{e^{rt}}(\text{EAL}) \qquad (1)$$

先以常見的乾旱嚴重程度指數(Palmer Drought Severity Index, PDSI)為基準，農作物的播種期與成長期需要較高的降雨量，其降雨與出險賠付關係可以圖 2 表示，當降雨量於觸發理賠點$\text{PDSI}_\text{T}$以上時則不賠付；介於觸發理賠點$\text{PDSI}_\text{T}$至門檻理賠點$\text{PDSI}_E$之間，降雨量每減少 1 公釐則賠付一定比例$IA\left(\frac{\text{PDSI}_T-\text{PDSI}_A}{\text{PDSI}_T-\text{PDSI}_E}\right)$降雨低於門檻理賠點$\text{PDSI}_E$以下，全額賠付。如式(2)，然由於文獻上證明PDSI使用時過度估算氣溫對乾濕的影響，容易使估計結果偏於乾旱，將造成AWII的預期的年度損失會誤算。若能依克利金法(Kriging Method)[3]估計結果帶入模型，對於AWII的區域氣溫及降雨量將有正向助益(周百隆，2019)。

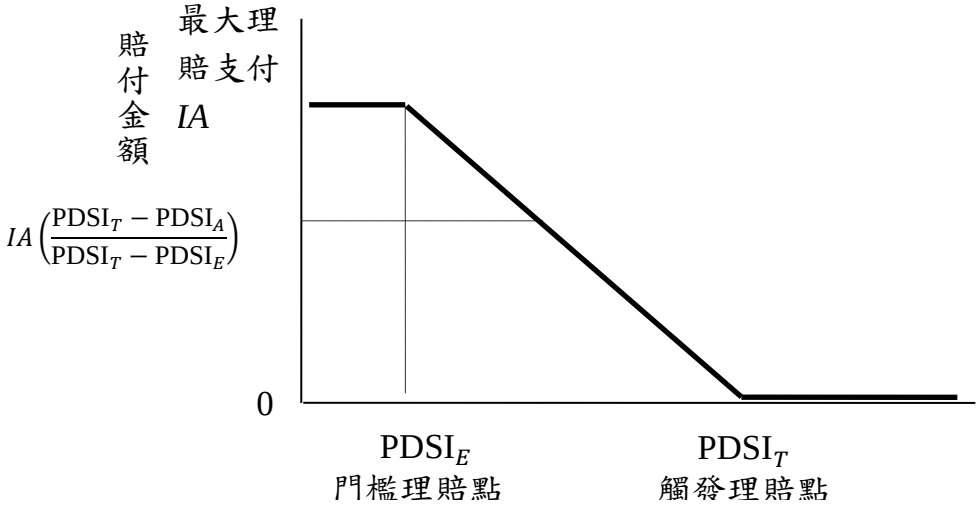



圖 2　播種期與成長期降雨量與賠款給付的關係 資料來源：本研究整理

[3] 海拔高低對於溫度及濕度估計的差異，將導致對於潮濕地區而言，一旦低估降雨量或洪水量時，將容易導致氣候指數保險的出險可能，結合 Kriging method 估計溫度與降雨時，對於緯度變化甚或地面高度、地面溫度等皆能提供效率的估計值(周百隆，2019)。

$$\text{Payout} = \begin{cases} IA \quad \text{if} \quad \text{PDSI}_A \leq \text{PDSI}_E \\ IA\left(\dfrac{\text{PDSI}_T - \text{PDSI}_A}{\text{PDSI}_T - \text{PDSI}_E}\right) \quad \text{if} \quad \text{PDSI}_E \text{PDSI}_A \leq \text{PDSI}_T \\ 0 \quad \text{if} \quad \text{PDSI}_A \geq \text{PDSI}_T \end{cases} \qquad (2)$$

透過 PDSI 的歷史資料，以常態分配及積分模式將可以模擬出 AWII 的預期年度損失 Expected Annual Loss (EAL)的估計值(Choudhury et al., 2016； Kusuma et al., 2018；周百隆，2019；周百隆，2020)，如式(3)。

$$\text{EAL} = IA \int_0^{\text{PDSI}_E} f(\text{PDSI}_E)\text{d}_{\text{PDSI}_E} + \int_{\text{PDSI}_E}^{\text{PDSI}_T} IA\left(\frac{\text{PDSI}_T - \text{PDSI}_A}{\text{PDSI}_T - \text{PDSI}_E}\right) f(\text{PDSI}_A)\text{d}_{\text{PDSI}_A}$$

$$\text{EAL} = IA \int_0^{\text{PDSI}_E} f(\text{PDSI}_E)\text{d}_{\text{PDSI}_E} + \frac{IA}{\text{PDSI}_T \text{PDSI}_E} \int_{\text{PDSI}_E}^{\text{PDSI}_T} \text{PDSI}_T f(\text{PDSI}_A)\text{d}_{\text{PDSI}_A} - \frac{IA}{\text{PDSI}_T - \text{PDSI}_E} \int_{\text{PDSI}_E}^{\text{PDSI}_T} \text{PDSI}_A f(\text{PDSI}_A)\text{d}_{\text{PDSI}_A} \quad (3)$$

如以克利金法的推估值，亦即地面降水強度值 Z ̂(u)，取代 PDSI，將可有效將地形海拔差異所造成的氣溫及降雨同時涵蓋入預期損失模型中，有助於修正後續的出險賠付預測值與真實值的差距(周百隆，2019)。模型中各地區氣候指數如降雨、風量及氣溫等效率指標皆受到海拔、水文、或迎風面與否的影響，也將直接影響氣候指數預期損失模型，未來若要尋求風險基礎(risk-based)的差別保險費率或出險理賠差別自付額，則應再投入持續的觀察與更多的數據基礎。

## 伍、結論與建議

目前全球各地區各國推動農業氣候指數保險(AWII)的情況多有不同，依據其國土大小、經緯度、GDP 高低、政治因素等等皆有極大的影響，在保險的執行上又分為政策性、商業性或兩者兼備，執行的績效與市場接受度也不盡相同。本文探討全球天然災害損失及各地區保險比重，透過釐清 AWII 的定義與產品設計，同時分析比較各國推動 AWII 的歷史，並據以提出 AWII 實施使用的優勢與劣勢分析。

值得關注的是，雖然採用指數型保險雖能避免農家的道德風險及逆向選擇，並克服理賠出險的估算困難，具有眾多優點，但台灣目前推動情況不如預期，目前商品保費無法差異化與巨災出險地區密集，造成投保農戶與商業保險公司兩造的疑慮。因此雖然各地區主要氣候指數如降雨、風量及氣溫雖可透過中央資訊取得，然而海拔、水文、或迎風面與否等細微差異，將導致農業氣候指數預期損失明顯不同，亟須思考各地區合理保險費率及理賠自付額等是否應持續調整。

除積極建構 AWII 預期損失模型，以及推論、模擬及估算其效率指標外，同時比較不同地區產量及農產品價格之整體收益差異，一併思考農戶採取不同風險控制因子，如農民投入損害防阻是否減少保費或降低出險自付額等，將更能有助 AWII 商品差異化及整體機制的未來發展。

## 陸、參考文獻

### 一、英文部分

1. Adeyinka, A. A., Krishnamurti, C., Maraseni, T. N., Chantarat, S., 2016, “The Viability of Weather-index Insurance in Managing Drought Risk in Rural Australia,” Int. J. Rural Manage, 12, 125－142.

2. Barnett, B. J. & O. Mahul, 2007, “Weather Index Insurance for Agriculture and Rural Areas in Lower-Income Countries,” American Journal of Agricultural Economics, 89(5), 1241-1247.

3. Carter, M., Janvry, A.D., Sadoulet, E. and Sarris, A., 2017, “Index

Insurance for Developing Country Agriculture: A Reassessment," Annual Review of Resource Economics, 9(1), 421-438.

4. Changnon, S. A. & J. M. Changnon, 1989, "Developing Rainfall Insurance Rates for the Contiguous United States," Journal of Applied Meteorology, 28(11), 1185-1196.

5. Choudhury, A., Jones, J., Okine, A. & Choudhury, R., 2016, "Drought-triggered Index Insurance using Cluster Analysis of Rainfall Affected by Climate Change," Journal of Insurance Issues, 39 (2): 169-186.

6. Gine, X., R. Townsend and J. Vickery, 2007, "Statistical Analysis of Rainfall Insurance Payouts in Southern India," American Journal of Agricultural Economics, 89(5), 1248-1254.

7. Kath, J., Mushtaq, S., Henry, R., Adeyinka, A. & Stone, R., 2018, "Index Insurance Benefits Agricultural Producers Exposed to Excessive Rainfall Risk," Weather and climate extremes, 22, 1-9.

8. Kath, J., Mushtaq, S., Henry, R., Adeyinka, A., Stone, R., Marcussen, T., & Kouadio, L., 2019, "Spatial Variability in Regional Scale Drought Index Insurance Viability across Australia's Wheat Growing Regions," Climate Risk Management, 24, 13-29.

9. Kusuma, A., Jackson, B., & Noy, I., 2018, "A Viable and Cost-effective Weather Index Insurance for Rice in Indonesia," Geneva Risk and Insurance Review, 43(2), 186-218.

10. Noy, I., Kusuma, A., and Nguyen, C., 2017, "Insuring Disasters: A Survey of the Economics of Insurance Programs for Earthquakes and Droughts," Retrieved from https://ideas .repec .org/p/vuw/vuwec f/6408.html. Accessed 11 May 2018.

11. Rao, M.P., Davi, N.K., D' Arrigo, R.D., Skees, J., Nachin, B., Leland, C. and Byambasuren, O., 2015, "Dzuds, Droughts, and Livestock Mortality in Mongolia," Environmental Research Letters, 10(7), 074012.

12. Skees, J. R. and B. J. Barnett, 2006, "Enhancing Microfinance Using Index-based Risk-Transfer Products," Agricultural Finance Review, vol. 66,

no. 2, pp. 235-50.

13. Stoppa, A. and U. Hess, 2003, “Design and Use of Weather Derivatives in Agricultural Policies: the Case of Rainfall Index Insurance in Morocco,” International Conference Agricultural Policy Reform and the WTO: Where are we heading, Capri (Italy), 23-26.

14. Vedenov, D.V., Barnett, B.J., 2004, “Efficiency of Weather Derivatives as Primary Crop Insurance Instruments,” Journal of Agricultural and Resource Economics, 29(3), 387－403.

15. World Bank, 2005, Managing Agricultural Production Risk: Innovations in Developing Countries, New York: Oxford University Press.

二、中文部分

1. 周百隆（2012）。降雨指數保險之建置－台灣農業部門之探討。國科會專題研究計畫。

2. 周百隆（2015）。颱風洪災漁業保險方案選擇之研究－巢式羅吉特迴歸之應用。科技部專題研究計畫。

3. 周百隆（2017）。農業目標價格保險之費率、保額及相關應用。科技部專題研究計畫。

4. 周百隆（2019）。空間相關對農業氣候指數保險之影響-克利金法及空間權重縱橫迴歸之應用。科技部專題研究計畫。

5. 周百隆（2020）。氣候變遷及空間變異性對農業降雨指數保險之影響。科技部專題研究計畫。

三、網頁資料

1. 瑞士再保，
https://www.swissre.com/dam/jcr:c37eb0e4-c0b9-4a9f-9954-3d0bb4339bfd/sigma2_2019_en.pdf