



裨益農耕、造福桑梓的農業氣象

文、圖 ■ 陳立欣

一、農業生產與農業氣象的密切關連

農業生產與氣溫、降雨量、日照強度、土壤含水率…諸項因素均告息息相關，且當農作物即將收成時，農民往往愈會擔心因颱風豪雨、乾旱焚風、洪水冰雹、寒潮低溫、季節風等所造成之重大損失，多日辛勞、毀於一旦，實為令人悲痛心酸之事。當人類社會的生活，從漁獵、畜牧而進入到農耕的型態起，即逐漸自耕作中瞭解到農耕與氣象乃至於各種物理環境之關係，並累積有甚為豐富的農業氣象經驗，也創造出用以強調彼此關連、多不勝數的農事諺語（註一），並知以劃分日期之法來訂定天氣現象，例如我國在漢朝時便已劃訂出24節氣和72候，此種「氣象曆算」足可說明農業生產與氣候循環之間的關係。希臘的奚帕喜斯則在西元前140年，即依據春分、秋分和夏至、冬至的日照原理，提出將世界劃分為不同氣候帶的概念，成為探討氣候及農業範疇的先導。隨著時代的進步與科技的昌明，欲探究農業與氣象兩學門之關係，除了依據經驗和先人傳承的智慧外，亦須以科學相串合，此遂使得農業氣象成為銜連農業與氣象兩者間，既實用又具專業性的應用科學。

倘能有效應用氣象預報的資訊，規劃農作物從種植到收成之間宜有的配合措施，並妥善因應由於氣象變化所帶來的災害，實為遂行農業生產的重要環節，將得使農作獲致最大的產能。農業氣象（Agro-meteorology）旨在探討氣象與農業之關連，並預測氣象變化對農業生產之影響，俾農民可及早掌握氣象訊息，做好防患災害的準備，以達到增進或安定農業生產的目標。它所涵蓋的範圍跨越氣象、水文、農藝、土壤物理、植物生理、植物病蟲害…等多項領域。再者，栽培農作物之各個工作階段，像是播種、施肥、噴藥亦皆與當時的天候狀況息息相關，苟有充足的訊息將可使農民事先準確的掌握實施農事作業期間之天氣條件，此亦係農業氣象的服務範圍。



▲ 農業氣象係跨農業和氣象之雙重領域（八仙山國家森林遊樂區）。

台灣地區首度建置農業氣象觀測站，可以追溯至日據時代的1912年，當時係假今之台大農學院、即現在羅斯福路和舟山路交叉口附近的農業試驗所前址，建立一座觀測站，蒐集並統計氣溫、濕度、風速、雲量、雨量、日照時數、水汽蒸發量及大氣中二氧化碳（CO₂）之濃度等氣象資料，距今已逾90年之久。而自民國70年代政府開始發展精緻農業以來，對農業氣象愈益注重，全台灣地區迄今共計設置有17個一級農業氣象站和11個二級農業氣象站，2003年並在4個一級農業氣象站，添置可由MS PC - SERVER電腦系統做自動處理之設施，同時增加可觀測、分析氣壓之項目。一級農業氣象站所觀測之資料，均可藉由電腦網路或專線傳輸至中央氣象局，中央氣象局於完成各地上傳農業氣象資訊之分析後，會即發出預報訊息經由廣電業界播送，並定期將各氣象站之資料彙整製成旬報表（10日報表）與月報表，分送各界查詢使用，且亦會刊載於中央氣象局之電腦網站上備供各界查閱，以收資訊公開、資源共享的成果。

二、農業氣象的分類及其研究探討的重點

農業氣象在世界各國或不同的氣象學者之間，常會做成不同的分類，在考量其相關的重要因素和對農業界實際的貢獻下，通常係將農業氣象分為生物氣象學、微氣象學、局地氣象學和農業氣候學四大領域。其界定和研究重點列述如下。

（一）生物氣象學

研究生物（含農作物和漁牧類動物）的生育、成長與氣象之關連。

研究重點：

1. 氣象因素影響生物之定量解析。
2. 生物對氣象反應程度之指標化。
3. 對生物生育之限界氣象條件，以及其適合氣象條件之明確化。

（二）微氣象學

以熱力學或流體力學之觀點，研究近地氣層之氣象變化。

研究重點：

1. 耕地、林地微氣象特性之研究。
2. 溫室等設施內微氣象特性之研究。
3. 作物與微氣象環境間之相互作用。

（三）局地氣象學

研究地形起伏對局部氣候環境之影響。

研究重點：

1. 局地氣象特性之研究。
2. 局地氣候推算方法之開發。
3. 地形與發生寒害、霜害、雨害之關連性。

（四）農業氣候學

研究農業生產與氣候之關係。

研究重點：

1. 農業氣候資源評價法之開發。
2. 農作物適地及限界地、適期與限界期決定之研究。
3. 農業氣候資源的地理性與季節性分布之研究。



三、詳盡的觀測與普及的預報， 分別為農業氣象的前提與效益

農業氣象之觀測，乃是從事農業氣象研究之基礎，設立於城鎮內或市郊的氣象站，往往未能確實測定出農業地區的氣候狀況，以致農業氣象觀測地點之選定，和觀測儀器之選用架設，必須配合農作物生長發育上的特殊需求，從事適當的規劃整備。另因各地區之氣候，常會有季節及以數年為一週期的長年性變化，是以農業氣象可就某一地區多年平均之氣候狀況和特點，如河川的定期氾濫、聖嬰效應 (El Niño effect)、熱島現象…進行分析，俾農戶可因時、因地制宜的善加調整作物之栽培時序，充分運用氣象資訊來調換生產農作之方式，以增益農產。為求氣象環境適合農作物的成長，可藉著人為方式改善農作區局部的氣象狀況，例如設置防風垣、遮蔭網、於地表覆蓋塑膠布等措施，以減少風害、調節日照、防止水分蒸發，平衡農地之蓄熱，而投入此等農地「微氣象」之研究，可明確瞭解近地氣層之情形及其與農



▲農業氣象的設立對農林生態的預先維護至為重要（奧萬大國家森林遊樂區）。

作物之相互關係，使農戶得以未雨綢繆，這對於栽培像是水蜜桃、高接梨…之類的高經濟作物時，尤具有實質之效益。

氣象之探測必須要有及時、普遍的預報制度，方可益乎民生、著收效益，在農業氣象的預報領域，一般可分為下列數類：

(一) 農事作業天氣預報

對於一般農事作業如播種、施肥、噴藥等之期間，所作之天氣項目預報。

(二) 作物生育期預報

對於不同作物之花芽分化期、開花期、收穫期等不同生育階段，從事之預報。

(三) 作物產量預報

利用已建立之作物v.s.氣象模式，輸入影響作物產量的關鍵氣象因子之預測值或參數值，以估量作物產量。

(四) 農業氣象災害預報

於特定時期或特定地區，針對寒霜、焚風、旱魃水澇及森林火災指數…等可能致生之災害，所做之預報。

四、近代世界各國推展農業氣象 之歷程與成果

自16世紀起，各種觀測儀器先後研發問世，氣象方面之量測開始與農業生產相結合而被做為統計分析之參數，如我國在明朝初期，便知使用雨量器以量測各地因下雨而積存之雨量，以之做為衡算糧食生產的重要憑藉。而溫度計、濕度計、風速表、日射角度計和黑球輻射表等觀測儀器的研製，則使全世界之科學家們可以更為準確的研究植物與

各種氣象要素的關係。1780年，德國氣象學家黑默爾（I. J. Hemmer）建立了一個率先應用儀器和系統化觀測方法之農業氣象觀測站，此站後來被舉世公認為係全球首座以科學儀器從事觀察、探測農業氣象訊息的觀測站。17世紀中葉，人類已發現並經實驗，證明綠色植物可吸收陽光與水分，再由葉綠素的催化作用，將其轉化為養分而貯存，此即「光合作用」，該項重要的植物生命現象與其實驗過程，有甚多結論即是取自農業氣象觀測所得到的數據而印證者，且是歷經長期的演繹、試驗，甫獲得證實的定論。

歐美諸國在19世紀後半葉之階段，已陸續於其境內各地布建氣象觀測網，再根據所觀測到的資料應用於農業界，使農民據以調節耕作期或據以判定宜種植何種作物，此再逐漸發展為農業氣象預報與服務。1854年，俄國魯托維奇撰寫成全世界首部「農業氣象學」的巨著，詳述天氣預報應用在農業上之成效和應予克服之問題，旋即付梓出版。1855~1875年的20年間，歐美各國接續由政府出資成立氣象部門，同時將氣象推展至農業領域的天氣預報與服務，並由官方引領農業氣象之研究。例如美國屬聯邦政府管轄的氣象局自1872年起，開始發布每週的天氣和作物公報，並於1890年將氣象局劃隸於其聯邦政府農業部（USDA）之下，得見其氣象服務與農業有其為密切的關連，此與我國將氣象局歸隸於交通部之下，在組織體系上大有不同。

20世紀初期，各國氣象局、農林部門和大學院校及諸多國際組織，俱已日漸看重農業氣象，同時透過農業氣象資料之交換，進行較為準確、涵蓋範圍也較廣大的農業氣象研究，且著手如何從氣象因素以研究作物的生理特性，並以定量方式分析出植物生長與氣象條件的關係，科學家們正是在此一時期，藉著在田間與試驗室內施行之多次試驗，提出「有效溫度」的學理，並運用有效積溫進行作物生育期之預報（註二）。自1950年以後，農業氣象在世界各國都愈受重視，故得以迅速發展，研究重點則轉為著重於氣候資源之評估與農業氣候區域之劃分，以有效合理的運用農業氣象資源。

1950年，國際間成立了世界氣象組織（World Meteorological Organization, WMO），隸屬於WMO麾下、由各國農業氣象專家們所組成的農業氣象委員會（Commission for Agricultural Meteorology, CAGM），長期不懈的對世界各地之農業氣象問題，進行廣泛的調查與研究。在20世紀五〇年代，各國的農業氣象學家即於農地之熱量平衡、植物病蟲害預報方面，奠定相當的研究基礎；六〇年代，農業氣象委員會又陸續針對森林火災預報服務、霜害預防、防風林設置等提出諸多充實精闢的專題報告，先進國家已開始利用人工氣候室及各種型式之溫室，愈為深入的研究生物與物理環境間之定量關係。七〇年代以後的數十年間，由於世界性之異常氣候對各國農業生產



所造成的重大損失，使得農業氣象備受矚目，美國農業部和國家海洋大氣總署（NOAA）便共同成立了「農業暨氣候聯合事務處」（Joint Agricultural Weather Facility, JAWF），專事編製農業氣象週報和作物公報。

今農業氣象之研究及服務，已普遍的使用電腦系統、衛星遙感探測儀器等高科技設施，提昇農業氣象應用於實際農事生產業界之績效，以及藉由定性或定量之數理解析，建構農業氣象之特質。另外，由於各種數理模式之推出和發表，使得許多農業氣象學者，已能參照相關模式以探討農作物與氣象、環境間之交互作用，更精確地剖析氣象環境究係如何影響產量。再者，由於微氣象學領域的進展，現已可讓學者和專業人士利用精密的觀測儀器，從事農地熱平衡和各種近地氣層、氣象要素之觀測與記錄，增進此一範疇的研究品質。

五、台灣農業氣象之發展與未來的展望

地處亞熱帶和熱帶之交的台灣，既為四面環海的島嶼，且地形多元而複雜，雖然溫暖宜人兼以雨量充沛，但天然災害卻也頻繁不已，氣候又常受季風、颱風與梅雨、豪雨之影響，以致各地氣候顯有差異，而栽培作物所需參酌之氣候因素亦有不同，如何善加運用農業氣象資源，爰為制定農政決策之先決重點。台灣光復初期，今中央氣象局前身的台灣省氣象所，早於1945年即設置有農業

氣象之基層部門，專責於攸關農業之各種氣候項目的統計及研究，定期上呈訊息以供發布農業氣象預報，和出版農業氣象旬報。農復會則在1976年於其森林組內增辦推動農業氣象之研究，並補助氣象單位執行「台灣農業氣候區域規劃」，1981年起逐年提撥經費協助氣象局於嘉義氣象站發展微氣象試驗；四年後（1985年），中央氣象局與農委會假嘉義氣象站聯合舉辦「農業氣象作業觀摩會」，因深感農業氣象資料的蒐集、運用係規劃農業資源的重要前提，乃決議嗣後由農委會負責推動農業氣象之發展，並由中央氣象局規劃，協助建立「台灣地區農業氣象觀測網」，同時加強培育農業氣象人才。自1986年至1991年之後續年間，先後在全台灣各地的農業改良場及試驗所，建立多個一級農業氣象站（agro-meteorological station 或 agro-meteorological observatory，一級站為配備有由精密電腦輔助之自動觀測儀器，註三）和二級農業氣象站。1991年，台灣省政府農林廳，依據新訂之「農業試驗改良場所調整方案」，於農試所內增設農業氣象研究室，各區農業改良場亦設置農業氣象研究室，肩負起研究大任。由學術界及政府單位共同推動組成的「中華農業氣象學會」，則於1993年9月正式成立，為台灣農業氣象之研究發展，寫下嶄新的史頁。

成立於嘉義氣象站內，以發展微氣象試驗為主的農業氣象研究室，係撥置約0.7公頃之農地，專責從事農業氣象的試驗工作，除了強化一般農業氣象觀測業務之外，亦從事



▲於白河水庫旁的一處農業氣象站。

農田近地氣層的微氣象觀測與試驗研究，審慎探測氣象環境與農事、園藝作物生育及產量之關係，訂立最適宜作物生長之氣候條件。多年來，已完成數十項相關的試驗研究，提供業界做為經營農業及從事適地適作、適期適作的參考。繼2002年完成微氣象通量（Flux）自動觀測系統之建置，翌年又增加於地表下層土壤施行溫度及含水量之量測，後者是將量測系統設置於農業試驗田園中，定期進行微氣象觀測，以測定農作物生產環境氣象因子的變化，以及土壤溫濕度、土壤熱通量、可感熱通量及潛熱通量…等微氣象變數之各種通量，利用以上測得之數據，即可衡量作物可承受的臨界逆境程度，此乃極為先端的農業氣象設備。

近年來，由於日趨嚴重的溫室效應，已造成地球表面氣溫上昇、極地冰山消融、高地雪原和凍土化解，海域水面上升等之明顯變遷，所連帶造成的氣候變遷亦對全球之農業生產、生態體系造成了重大衝擊。台灣自亦無法置身圈外，農業氣象之領域不但應致力於綜觀氣象、微氣象、作物逆境育種、作

物病蟲害、生物統計和環境保護方面的各項基礎研究，以提供農政當局做為農業生產計畫及改良生產技術之依憑，且日後農業氣象之研究發展，尤宜針對全球氣候變遷可能造成之危害，訂定周全的因應策略。此外，鑒於耕植用之農地常遭蒙工業污染的惡害，故另需對於台灣農業未來所面臨之特殊疑難，研擬更具實用性之預警體系和應對方針，減少因工業污染而帶予農業之災害。農業氣象學會則宜積極網羅各擅勝場之科學家暨實務專家參與其事，加強國際交流，引入先進的農業氣象科技資訊，以提掖吾國農業氣象之水準和研究能力，並造福桑梓，溥益民生。▲

*備註：

註一：農業氣象諺語按內容可分以下幾方面：

1. 農時方面，如「白露早，寒露遲，秋分種麥正當時」；「棗芽發，種棉花」。
2. 氣象和農業關係方面，如「伏裏有雨多種麥」；「稻秀暖、麥秀寒」。
3. 農業措施的氣象效應方面，如「鋤頭底下有水也有火」。
4. 農業氣象預測預報方面，如「槐樹不開花，晚田不歸家」；「夏天不熱，五穀不結」。
5. 天氣諺語，如「月暈而風，礎潤而雨」。
6. 農業氣象災害方面，如「豌豆開花，最怕風打」。



(圖片 / 林務局提供 攝影 / 潘佳俊)

農業氣象諺語有較強的地方性和時代性，引用時要注意在當地的農作生產中加以檢驗，因地制宜地運用。

註二：在此階段農業氣象學家對許多作物、蔬菜、果樹之生育期的最適溫度，臨界溫度（上、下限溫度）做了鑑定分析，並對一些作物的生長、發育、產量與溫度、水分條件進行統計分析；同時，各國氣候學家也做了許多以農業為目的之氣候分類和區分，提供做為農業生產之參考。美國學者桑斯偉特（C. W. Thornthwaite）則以水分平衡為基礎，藉熱量效率（thermal efficiency）和有效性降水（effective precipitation）進行氣候分類。而在此期之間，較著名的農業氣象著作則包括美國史密斯於1920年撰成的「農業氣象學」，德國蓋格於1927年撰成的「近地面氣層氣候」，蘇聯謝尼諾夫於1937年的「世界農業氣候手冊」，以及日本大後美保於1945年的「日本作物氣象之研究」等。

註三：按行政院農業委員會制定的「農業氣象觀測站之設置與應用計畫」，一級站所設置的自動觀測系統，通常包括特殊感應器（含溫度露點計、地溫計、雨量計、風向風速計、全天空日射計）、信號轉換器、風向風速三筆式類比記錄器、六打點式類比記錄器、資料搜集器、UPS不停電裝置、印表機、避雷裝置、供校驗用之阿斯曼濕球溫度計，以及電腦輔助設備等。自動測量記錄之項目包括氣溫（air temperature）、露點（dew point）、相對溼度（relative humidity）、降雨量（precipitation or rain）、風速（wind speed or wind run）、風向（wind direction）、全天候輻射（global solar radiation）、蒸發量（evaporation）、日照時間（sunshine duration）、地溫（ground temperature，選測的六個不同深度點係分別為5、10、20、30、50及100 cm）及其他因特殊需求而必須觀測的項目。