



農業氣象研究與發展之大勢 鄭子政

Recent tendency on agroclimatological researches

Kenneth T. C. Cheng

Abstract

Recent studies in agroclimatology and bioclimatology during the last decade has a tremendous progress and the development of micro-meteorological instruments in particular for the observation of air layers near the ground. The writer in his paper outlines the important contributions selected out from voluminous publications in different countries. It would possible to give a few hints to those students who are wishing to make agricultural meteorological researches. The main topics discussed in this paper were as follows:

- 1) Climatic influences related to the growth and yield of crops.
- 2) Micrometeorological observations and analysis of the air layers near the ground.
- 3) Phenological and ecological studies of crops, animals and insects.
- 4) Variation of meteorological factors in relation to the quality of agricultural products.
- 5) Studies of adverse weather and special weather prediction for agriculture purposes.

世界農業氣象組織，當推前國際氣象組織下之農業氣象委員會為最早⁽¹⁾。該組織成立於民國2年，其要旨在於世界農業氣象研究須建立於統一完整之計劃。農業氣象之研究與發展，有賴於氣象學者與農學專家及生物學者之密切合作，農業氣象始能得健全之發展。農業氣象研究之因子甚為複雜，概括植物或動物生理因素與其生態環境及人為影響。由於近年氣象學之進步，農業氣象研究亦隨之日益發達。農業氣象研究須在於推廣農業氣象觀測站網及設計標準觀測儀器與統一觀測方法，務使觀測之紀錄得以作廣泛之比較研究，以增益農業生產而消除世界人類糧食之恐慌。農業氣象研究之範疇，在於氣象因素之能影響及植物之生長、穀物之產量、及其氣象或氣候紀錄足以改善天氣豫告適應農事作業或成效者。其他如有關於穀物生長之物候觀測與生物觀測而須作廣大地區之觀測工作者，類皆屬之。民國40年國際氣象組織已告結束，而另成立世界氣象組織，改隸為聯合國下之一個世界性技術組織。在世界氣象組織中仍有農業氣象委員會之存在，以蟬聯國際氣象組織農業氣象委員會之工作⁽²⁾。當時世界氣象組織釐訂農業氣象委員會主要之任務為：（一）指導天氣與氣候觀測、測量、與尋求其與土壤、植物、動物與病蟲害之關係及其影響。（二）從事於氣象觀點下之物候學與生理學研究。（三）運用天氣與氣候知識以發展農業上之應用。如保持自然資源、土地利用、擴充耕地面積、增加農產收穫量與改善農作物與家畜品種。（四）抗禦對於農業不利之天氣與氣候影響。（五）研究對於農作物病蟲害消除之方法。（六）保護農產物在不利之天氣與氣候狀況下之儲運。（七）發佈農業氣象預測與警告。以上列舉各點，可稱已概括農業氣象研究之大要。農業氣象研究之發展，必須鼓勵公私營農業機構對於氣象機構之合作，供應其對於農作物與家畜生活史上之生態紀錄及其病蟲害情形，以資氣象機構作適當之天氣預測或氣候報導，俾便農業機構作作物或家畜新種之發見。並須供給其農作物收穫量之紀錄及其品質優劣之報告，以探求穀物與天氣之關係。至於病蟲害之調查，則由農業機構作廣泛之研究，俾對其受天氣因素之影響能有更深切之認識。我國為農業國家，國民經濟之發展端賴農業之改良與進步。而農業之改良與進步，需求農業氣象觀測網之建立與農業氣象學術研究之發揚，相互配合，乃得達成健全完善之理想。此點觀念實不囿於一個地域國家。自世界氣象組織推行農業氣象觀測以來，其意見已受聯合國糧食與農業組織及聯合國文教組織所接納。其重要技術協助之計劃，如從天氣情況管制蝗災及綠化沙漠等，均已努力推行而著成效。因之，

農業氣象研究之發展，實為深切造福於人群之科學而急待努力推行者。茲舉其荦荦大端略言之如次：

一、氣候與農作物播種栽植及收穫量之研究

農作物生長之臧否，端視乎其生態環境之優劣。所謂生態環境者，概指氣候、土壤、肥料而言。此三者獨氣候最不易受人為之控制。農學家採施肥方法以改變土質，選品種以適應氣候，然後作物受四時災變之影響減少，而其收穫量可以豐多。植物生態環境之是否適合於植物生長，可由作物之苗芽、開華與結實之狀態測度之。若能明悉植物生長之情形，而又能作自然災害與病蟲害及時之防範與措施。則農作物之收穫量可以豫計。農業氣象研究之目的，即在於以實驗方式，運用氣象儀器觀測技術以明瞭氣候對於農作物之生長與收穫量及其病蟲害之影響。由作物或穀類過去收穫量之統計，可以推求已往收成所受自然災害影響之限度及作收穫量豫測之基點。又可以尋求天氣與氣候對於植物病蟲害之影響，植物抗旱之能力與人為風障之效用。此外可以對於一地區之特定作物，作適時之天氣預告及特殊天氣警報。每一種作物各有其所需雨量、溫度、濕度、風力、與日照之適宜標的 (Optimum)。此類氣象要素之變動，如久雨、暴雨、乾旱、風、霜、雪、雹、嚴寒、酷暑各種現象，均有詳細分析之必要。而後可以釐訂穀物候曆及發佈農作適時之天氣報導。

植物受氣候之影響，常有栽植地域自然之限制。記得張心一先生曾著中國小麥生長地區之限制一文。甘蔗試植於廣西一省，曾因霜害而遭受慘重之失敗。分析天氣與氣候對於作物之影響，在消極方面可以明白一種作物地域上之限制，但在積極方面則可以氣候立點研究一種作物可能推廣耕作之地域。近年美國穀物生態研究所那冬生博士 (M.Y. Nuttonson)⁽²⁾ 曾作世界各地農業氣候與類似氣候地區之研究。著有叢書十餘種之多。至於根據氣象紀錄以預測米穀收穫量之豐歉，則日本岡田武松早在數十年前已曾作此項問題之研究。美國農部曾分析過去82年間，穀物與天氣波動之關係⁽⁴⁾，並泛論氣候與穀物之關係。美國瓊霍布金斯大學桑士偉博士⁽⁵⁾ 曾預測櫻花開放之日期，其結果在24年中平均偏差日數僅有二日。生物氣候之研究，美國氣象學會曾刊印近年生物氣象學研究專刊一輯⁽⁶⁾。倘欲深論農業氣象研究之文献，實屬不勝枚舉。天氣與氣候對於植物之生長與病蟲害之關係等論著，近年正如雨後春筍。德國氣象局施宜德先生 (Max Schneider)⁽⁷⁾ 自1950年起逐年編輯農業氣象文獻一冊，可稱為農業氣象研究參考文獻之集成。

二、近地面天氣與氣候分析或微氣候學研究

往昔農業氣象之研究，類皆依據一般性氣象觀測之紀錄。仔細研究天氣與氣候之變化往往受地理環境之影響而產生顯著之差異。所以在測候所所在地點觀測之紀錄，未必即能代表農作物生長地區之氣候環境。且一般氣象觀測之標準，亦未盡適合於農業氣象觀測標準。例如風標樹立之高度應10公尺為準繩，而安置溫度表之百葉箱，其距離地面高度規定在1公尺半左右。風力與氣溫均隨離地面之高度而變易，而在近地面之氣象因素更屬一無所悉。一般農作物生長之度均接近地面而不能與一般性氣象紀錄作比較性研究。且由於氣象觀測儀器檢定設備進步，對於氣象紀錄精密性之研究亦更深一層。此種近地面之氣象觀測與天氣或氣候分析，稱之為微氣象學與微氣候學研究。此種微氣象觀測與微氣候學研究在農業上之應用尤屬有迫切之需要。微氣象學之研究以德人蓋耿 (Rudd Geiger)⁽⁸⁾ 之研究為較早，其著述近已譯成英文，而由美國哈佛大學出版⁽⁸⁾。此項近地面微氣象觀測，不僅在近地面作分層之觀測，且作農作物表裏環境之觀測，使農作物生態之氣象環境能得明確之分析。近年微氣象研究之著述，亦頗不鮮。桑士偉博士曾有地面空氣層微氣象之研究一文⁽⁹⁾，深論其微氣象觀測之經驗與運用。茅理思 (Halstead Maurice)⁽¹⁰⁾ 曾分析近地面風之結構與亂流擾動之關係。裴德士 (C. G. Bates)⁽¹¹⁾ 稱風障是農田資產之一種。尚克斯 (R. E. Shanks)⁽¹²⁾ 曾分析美國東丹納西流域微氣象之變化。印度郎姆達 (L. A. Ramdas)⁽¹³⁾ 亦有熱帶地區微氣象之研究多種。法國顧士林 (H. Geslin)⁽¹⁴⁾ 曾有氣溫之微氣象變化與春霜問題之研究。惟微氣象觀測之儀器至今尚無統一之標準。因儀器之標準不一，觀測之記載是否足以供世界性之比較研究，遂成為一個微氣象學研究的新問題。賴帝邁 (W. M. Latimer)⁽¹⁵⁾ 曾深論微氣象觀測儀器問題。臺灣省氣象所有鑑於推行微氣象觀測之重要，以配合農業上之需要。因商得桑士偉博士之協助，設計裝置地面氣溫、風及濕度分層觀測之儀器一整套，將於明年裝設於臺北郊區之文山氣象觀測站，約有地 1,900 坪，將作我國微氣象觀測之始基⁽¹⁶⁾。文山農業氣象站將不僅作微氣象觀測，並擬注意於多種型式蒸發計空氣蒸發量之比較研究；太陽輻射與地面熱量平

衡問題；土壤含水量之研究與葉面及土壤蒸發觀測等其他農業氣象觀測問題之研討。

三、氣象因素對於植物生理及農產品品質之研究

氣候變化對於植物生理變化有極密切之關係，因此，一地種植之農作物，其產品之質量均與地域氣候有影響。日本大後美保⁽¹⁷⁾稱，在氣候溫暖之紀州所產生之柑桔較由神奈川所產之柑桔，質地較為甜美。在雨季收穫之稻穀，或經過潮濕之穀粒，其品較劣。在日本甜蘿蔔之栽植，其根部之含糖量常與 7 月中旬至 9 月中旬之氣溫有密切關係。往往氣溫愈低其含糖量愈增。日本鳥取縣稻米之收穫量與氣溫變化有連鎖關係。氣溫高則收穫量增多；氣溫低則收穫量減少。奈良縣之稻米收穫量則與日照時數之相關係數以 8 月至為顯著。此殆正符合開花結實之 9 月，如多雨而少日照即影響及於收穫量之事實。戴維思 (Davis, J. F.)⁽¹⁸⁾曾研究環境因素與莢類種植之影響與白荳之生產量。狄爾孟 (Dillman, A. C.)⁽¹⁹⁾曾論氣候影響對於亞麻之生產量及其所含之油量與亞麻仁所含沃素數 (Iodine number)。哈邁爾 (Hamer, K. C.)⁽²⁰⁾則分析糧食植物所含維他命 (Vitamin) 與環境因素之影響。英人許佛 (Shove, D. J.)⁽²¹⁾分析自 1501 至 1930 年間樹木年輪與夏季氣溫之關係。美國亞立蘇納大學陶耿萊斯 (Douglas, A. E.) 教授對於美國加州紅松與氣候之研究會上推至 3,000 年久氣候之變遷，而會獲美國斯密松社之榮譽獎金。諾蘭 (Nolan, P. R.)⁽²²⁾論預告愛爾蘭甜蘿蔔之收穫量及其含糖成分之研究。凡此種種研究類皆與農作物之育種及品種改良或農業經濟有密切之關係，而亟待吾人努力研究與發展者也。

四、氣象災害與物候調查

農作物健全之發育及正常之收穫量，端賴有適宜之溫度、雨量、濕度、風力及雲量等氣候因素。但逐年氣候常發生波動變化。在氣候波動變化轉大時季，每產生氣象災變而造成農作物之損害。此類災害之防範與減少，須在於氣象災害之調查與分析。一部份在於從事人為之防範措施，另一方面則應推廣農作物對於抵抗氣象災害之實驗。氣象災害有急性與慢性之辨別，急性的災害是由於短時間氣象災變所造成，而慢性的災害則由於較長時日氣象因素變差所形成。一種農作物必須分析其所適宜之準常氣候，且須明瞭植物所能抗持氣候因素變差的程度。氣象災變範圍頗為廣泛。久旱、霪雨、狂風、暴雨均為招致農作物損害之因素。其重要之氣象災害例如雪害、霜害、雹害、旱害、雨害、風害、曬害、鹽害種種。山谷積雪之地每能造雪崩現象，則不僅在損害農作物，且可傷害人畜。即以一般積雪而言，其積雪重量亦能折枝。積雪重量視地域而異，一般平均每立方英尺新雪約 6 磅半，舊雪可重達 30 磅。但在北美西部沿海岸山上積雪每立方英尺竟達 250 磅重量之多。在積雪時因植物同化作用停止，植物體內含糖量減少，其耐寒性降低，曝露於寒氣中易受凍害。菓實菜蔬常於經霜之後發生凍害。雹災每隨雷雨俱至，在日本本州中部及關東一帶，降雹對雷雨之比率達百分之十⁽¹⁷⁾，可見雹災之嚴重，且目前氣象上尚無防禦之方法。憶及筆者旅經山東鄒縣，訪察在孔廟前之古柏，經一次之雹災而毀損無遺。夏季如 20 日不雨，農作物即呈旱象。夏時土壤與葉面之蒸發量大，如無適宜水分之供給，植物自必枯萎以死。因此灌溉制度之建立，旱魃之來，乃能無所畏懼。多雨潤濕土壤中含水量過多，瀉洩不暢，空氣停滯，根芽常能發生腐蝕現象。或在穀物收穫時期，其影響及於穀物之收穫量。若論風對於植物之損害，則可以多方面言之，如在臺灣蘭嶼於 44 年 8 月 23 日颱風經過時瞬間風速達每秒 78 公尺，已達蒲氏風級 12 級以上，其風力摧毀能力之大可以想見。強風吹襲較久時，作物之體溫降低，而其蒸發量加強，並減少其同化作用。颱風中心經過時氣溫驟增，甚至可使植物頓呈枯槁之現象。海上之風挾帶鹽分甚高，農作物遭受此類鹽風之影響，葉色變黑，而在開花之水稻即成白穗。如鹽分沉澱於葉面，或凝結為固體或溶解為液體均有損害於植物之生長。馬公地區受潮風鹽風之影響，使其土地不易轉化為農作地區之主因，殆由於此。此類氣象災害在各地區皆有待於調查與研究。

植物華實之早遲，候鳥之來去，蟲類之發聲或窒息，均與氣候之季節有相應之關係。此種動植物自然現象之季節循環變化，足以顯示氣候之變遷，有助於研究農作物所受氣候之影響，或研討蝗蟲及植物病害之防治。此種現象之調查稱為物候研究 (Phenology)。物候之變化，往往隨時地而異。美國氣象局霍布金斯 (Andrew Hopkins) 曾發明生物氣候定律 (Bioclimatic Law) 即每距緯度 1 度，或經度 5 度，或高度 400 英尺，相差時季四日。物候觀測項目以植物言，如發萌，始葉，始華，始實與始凋等項目。鳥類或蟲類則可記其始孵、成長、發聲、窒息等等。至於候鳥則須記其初見及終見日期。選定植物須注意於樹木之年齡、高度、與健康情形。以避免不準確

之物候報告。選定之植物以在同一處而有二株鄰近標準相同之菓木為適宜。在報導物候之情形，應同時記載當時氣候之劇變，俾能使物候觀測之結果，得以分析其所受氣候上之影響。在世界各國大抵均作此項之物候調查。亦為輔助農業氣象研究之一旁枝科學。

五、結論

農業氣象研究之範圍至為廣泛。他如樹木之分布與氣象研究。森林之分佈常隨緯度與高度而異，阿里山森林之分佈即為一個顯例⁽²³⁾。造林計劃作業及森林火災之防範亦與氣象因素之關係不能分離。農作之副業如畜產之飼養與牧草均與氣溫、雨量之變動攸關。查勃林 (Chapline, W. R.)⁽²⁴⁾ 論氣候與牧畜。羅騰 (Rhood, A.O.)⁽²⁵⁾ 言家畜之繁殖。許世洛 (Hyslop, J. A.)⁽²⁶⁾ 研究昆蟲與天氣。喬治 (Georg, W.)⁽²⁷⁾ 曾泛論動物對於溫度變化之反應。溫德 (Went, F. W.)⁽²⁸⁾ 則言植物對氣候之反應。此外如桑之培植，蠶之飼養，對於氣候之變動均有銳敏之感覺。蠶之飼養適溫為攝氏23度至27度。但氣溫高至30度時蠶之生育即現病態。繭質之優劣亦繫於其氣候環境。濕度變化對於蠶之生活史亦有密切關係。甚至水產作業，漁場分佈，漁獲量之增減，養殖漁業之榮衰，類多與氣候之關係不能分離。美國農部1911年曾發行年報詳論氣候與農事之關係。若欲求農業經濟之繁榮，農業氣象之研究與農業氣象觀測網之健全，實為當前農業復興之要務，而不容忽視者。吾人若能深切明瞭氣象與農業之關係，將對於農作物抗旱或對於他種氣象災害防治之方法，則更有進步。農作物輸運氣候之調整，及氣象預告對於農業上之運用，務使氣象報導對於農作物之栽種收穫與作業，均能得切實之利益而產生經濟之價值。

印度受季風氣候之影響，水旱頻仍。對於其國家與國民經濟之影響至深且切。自1877年國內普遍旱災之後，深切注意於氣象事業設施及長期天氣預告。至1932年正式成立農業研究機構，至今已有26年之歷史。日本氣象廳之農業氣象機構正式成立於1936年間。近時 (Daigo, Y.)⁽²⁹⁾ 曾著日本之農業氣候研究一文，泛論穀物栽植地帶氣候之限制與氣候因素之關係、土地之利用及氣候變異對於穀物之災害，實為研究日本農業氣候重要之文献。至於歐美方面，德國於1870年已始致力於有關農業氣象研究，二次世界大戰時並成立農業氣象研究所。英國於1929年會召開農業氣象會議，組織農業氣象委員會。法國在巴黎近郊凡爾塞亦有國家農業氣象研究所⁽³⁰⁾，由顏士林 (H. Geslin) 博士主持其事。美國氣象局中農業氣象科之設立亦屬甚早。其主持研究之人員如斯敏士 (J. Warren Smith)⁽³¹⁾ 曾著農業氣象學一書。亦實為坊間所見英文本農業氣象典籍中之最早者。我國以農立國，農業氣象之研究尚在萌芽時期，深望我國學人能急起直追，迎頭趕上，而不讓諸科學先進國家專美於前，則我國農業之研究發展與農村經濟繁榮，當亦有利賴之。(完)

參考文獻

- 1) International Meteorological Organization Publications Nos. 14, 24, 36, 50 and 63.
- 2) World Meteorological Organization Publication No. 27. RP. 12- Commission for Agricultural Meteorology.
- 3) Nuttonson, M. Y.: Studies of Crop Ecology-Published by American Institute of Crop Ecology, Washington, D. C.
- 4) U.S. Dept. of Agriculture : Fluctuations Crops and Weather 1866-1948. Statistical Bulletin No. 101. 1951.
- 5) Thornthwaite, C.W. and Mather, J.R. : Climate in Relation to Crops. Meteorological Monographs AMS Vol 2 No. 8.
- 6) American Meteorological Society : Meteorological Monographs Vol. 2, No. 8
- 7) Max Schneider : Agrarmeteorologische Bibliographie-Deutschen Wetterdienstes, Bad Kissingen, 1955.
- 8) Geiger, R. : Mikroklima und Pflanzenklima Handbuch der Klimateologie, Geiger, R. : The Climate near the Ground, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1957
- 9) Thornthwaite, C. W. : Micrometeorology of the Surface Layer of the Atmosphere.
Johns Hopkins University, Laboratory of Climatology Seabrook, N. J. Interim Reports No. 12 and 13.
- 10) Halstead, M. H. : The Relationship between Wind Structure and Turbulence near the Ground. Johns Hopkins Univ. Seabrook, N. J.
Supplement to Interim Report No. 14
- 11) Bates, C. G. : The Windbreak as a farm asset
Farmers Bulletin No. 1405, U. S. Dept. of Agriculture, Washington, D. C. 1944.

- 12) Shanks, R. E. and Norris, F.H. : Microclimatic Variation in a Small Valley in Eastern Tennessee. "Ecology" U. S. A. Vol. 31 (1950) No. 4.
- 13) Ramdas, L. A. : (a) Microclimatology Current Science Vol. 2 No. 11
(b) Studies in Microclimatology Indian Journal of Agric. Sci. Vol. 4, Pt. 3. and Vol. 5. Pt.
(c) Meteorology of Air Layers near the Ground India Met. Dept. Tech Notes. 3. 9. and 21.
- 14) Geslin, H. : Les Variations Microclimatiques de Température et le problème des gelées de Printemps. Annales de la Société d'horticulture de France 1956, No. 6.
- 15) Latimer, W. M. : Micrometeorological Instruments In "Handbook of Aerosols" U. S. Office of Scientific Research and Development, National Research Committee, Washington D. C. 1950
- 16) The picture on the cover of this issue of "Meteorological Bulletin".
- 17) 大後美保著 農業氣象 朝倉書店 農業選書 東京
- 18) Davis, J. F. : The effect of Some environmental factors on the set of pods and yield of white pea beans, Journal of agricu., Res. Washington Fo (1945) No. 7. 237-249.
- 19) Dillman, A.C. and Hopper, T. H. Effect of climate on the yield and oil content of flaxseed and on the iodine number of linseed oil. U. S. Dept. of Agric. Washington. Technical Bulletin No. 844, Washington, 1943.
- 20) Hamer, K. G. : Influence of environmental factors on the vitamin content of food plants. "Survey of Biological progress" Vol. 1 page 313-324. Academic Press, New York, 1949.
- 21) Shove, D. J. : Tree rings and summer temperature 1501-1930. Scottish Geographical Magazine Vol. 66 (1950) Pt 1. 37-42.
- 22) Nolan, P. R. and Pallak, L. W. : On the prediction of yield and sugar content of sugar beet in Ireland. Dublin Institute for Advanced Studies, School of Cosmic Physics. Geophysical Memoirs No. 3. Pt 1 Dublin, 1951.
- 23) 鄭子政 攀登玉山追憶記 幼獮第六卷第一期 四十七年七月出版
- 24) Chapline, W. R. and Cooperrider, C. K. : Climate and Grazing. U. S. Dept. of Agric. Yearbook, 1941, page 459-476
- 25) Rhoad, A. O. : Climate and Livestock Production. U. S. Dept. of Agric. Yearbook, 1941 Page 503-516.
- 26) Hyslop, J. A. : Insects and Weather, U. S. Dept. of Agric. Yearbook, 1941. Page 503-507.
- 27) George, W. : Some Animal Reactions to Variations of Temperature "Endeavour" London 12(46) 101-105, apr. 1953.
- 28) Went, F. W. : The Response of Plants to Climate, "Science" U. S. A. 112 (1950) No. 2913, 489-494.
- 29) Daigo, Y. : A Study on Agroclimate of Japan. The Geophysical Magazine, Japan, Vol. 28. No. 2.
- 30) Geslin, H. : Rapport D'activité pour 1955. Institut National de la Recherche Agronomique, Versailles, France.
- 31) Smith, J. W. : Agricultural Meteorology.

(上接第 9 頁)

候之恩惠，及受人口過多之壓迫也。

本文因資料收集困難，僅述及少數植物、農作物，而未涉及動物物候，實一憾事，蓋害蟲之發生、繁殖、分布無不受氣象因素限制，吾人若能研究其間之關係，則病蟲害之預防，可賴之以推測，其裨益於農事，誠非淺鮮，尚望政府有關當局予以進一步之倡導也。

註(1) Ihne, E. : Phänologische Kart des Frühlingseinzugs in Mitteleuropa. Peterm. Georg. Mitt. 5,1.96 (1905)。

註(2) Schnelle : Beträge des Deutschen Wetterdienst Nr.1 (1953)。

註(3) 盧鑾 : 物候初步報告，氣象雜誌12卷3期。

註(4) 宛敏渭 : 中國之物候，氣象學報 16卷 3. 4. 合期 (1942)。

註(5) 臺灣主要農作物耕種梗概，農商局出版第二種。

註(6) 農業氣象旬報：臺灣省氣象所主編。

註(7) 彭光澤 : 稻作學。

註(8) 張月城 : 氣象對水稻生育之影響，本學報4卷2期。

註(9) 中央日報46年5月6日載「本年第一期屏東竹田首批新米運抵臺北，已使米價趨跌。」

註(10) 46年2月13日公論報臺中訊。