

# 作物氣象

## Plants-Meteorology

曾 文 柄

Wen-ping Tseng

### ABSTRACT

Plants-meteorology belongs to Agro-meteorology. Its main function is to investigate the plant's adaptation to natural environments.

The natural environments such as climate, geographical position, soil most relate the growth of the plants. All processes of the plant's growth are controlled by the natural environments. Particularly the climate not only affects the plant's harvest, character but also can limit the plant's distribution.

This report narrates the relation between the meteorological elements and the plant's form, physiology, growth and distribution.

作物氣象 (Plants meteorology) 是屬於農業氣象的一枝，其主旨在研討作物對於其自然環境的適應。因為自然環境如氣候、地勢、土壤等與作物生長的關係很大，而作物必須在自然界中生育，其全部生育過程必受自然環境的支配。尤其氣象不但影響到作物的收量品質，還能夠限制作物的分布。

茲將主要氣象因素與作物的關係，分別詳述如下：

#### 一、氣溫與作物

(1) 氣溫 (Temperature) 的高低，對於作物生長有密切關係。如同化作用 (Assimilation)，呼吸作用 (Respiration)，蒸散作用 (Transpiration) 以及同化物質的轉流等作物生理現象，皆顯著地受其影響。

氣溫對作物生育的影響極為重要，例如作物的發芽、生長、開花、結實、成熟、葉面蒸發、果實中所形成的脂肪、澱粉、醣類、蛋白質含有量等，均直接或間接與氣溫有關。尤以開花授精時，對溫度更為敏感。

(2) 維持作物生命的溫度，有一定的界限。生長溫度即在此界限之內。生長溫度可分為最低 (Minimum)，最適 (Optimum)，最高 (Maximum) 等三種主要溫度 (Cardinal temperatures)。

這三種溫度，不僅依作物種類，品種的不同而異

，同時亦依發芽、生長、成熟等生育時期，以及地上部、地下部等器官的不同而異。更依生理的條件及溫度持續時間的不同而異。

通常植物接近最高，最低兩溫度時，則妨礙發芽。抑制生長，影響開花授精及稔實等現象。

倘於自然界的遇此種不適宜的溫度時，作物僅能維持其生命 (休眠狀態 Dormant) 而不能生長。

茲將臺灣主要作物生長期間對溫度的需要情形如下表：

各種主要作物的生長溫度

作物種類	最低溫度	最適溫度	最高溫度
水稻	10°~12°C	30°~32°C	36°~38°C
甘蔗	12°C	30~32°C	36°40°C
落花生	12°C	25°~30°C	36~40°C
甘藷	10°C	22°~30°C	35°~38°C
玉蜀黍	8°~10°C	30°~32°C	40~44°C
黃麻	15°C	20°~30°C	40°C
菸草	13~14°C	28°C	35°C
胡瓜	12°~15°C	32°C	40°C
大豆	5°C	23~25°C	30°C
茶	5°~8°C	16°~22°C	32°C
小麥	3°~4°C	25°C	30°~32°C
豌豆	1°~2°C	30°C	35°C

(3)通常熱帶作物較溫帶作物需要高溫。同一作物其地上部較其地下部需要高溫。大部分作物在 15°C ~30°C 的範圍內，其生育大致良好。據斯密斯氏 (Smith 1920)稱多數作物在溫度 6°C以下時即停止生育，故認為最低溫度為 6°C。

又據佐佐木喬氏 (1972) 的實驗結果，溫度接近 45°C 時，則作物的生長完全停止。總之在亞熱帶 (臺灣) 的作物其最低溫度應為 0°C~10°C，最適溫度為 20°C~30°C，最高溫度為 40°C~45°C。

(4)作物在最高或最低溫度時，尚不致於死滅，只不過停止生長而進入休眠狀態而已。至於所謂死滅溫度乃係作物細胞的機能停止，漸趨於死亡。其枯死的原因有二：①當溫度達最高點時，細胞質 (Cytoplasm) 即行凝固，因而失去生活機能。②溫度達最低點時，細胞內的水份由細胞間隙流出而結冰，細胞內的水份減少，作物因而逐漸枯萎 (Wilting) 而死。

高溫與低溫持續時間的長短，對作物的危害程度有所不同。即於短期內尚無大礙，倘持久下去則有害於作物。同種作物亦依生育時期 (Stage) 的不同而有所差異，即作物生活達旺盛時期，易受危害。

(5)作物由發芽至成熟，其間必需保持固有溫度的總和，否則生育難能旺盛，收穫難達理想。例如熱帶原產的作物，倘引種到溫帶，不但不能收穫，而且難於生長，此即作物的有效溫度 (總計溫度) 不足所致。但各種作物在生育過程中，究竟需要多少總計溫度，至今尚無正確數字，茲錄哈柏蘭氏 (Haberlandt) 的主要作物在生育過程中所需溫度的總和表如下：

主要作物在生育過程中所需溫度的總和

作物名稱	最低	最高
水 稻	3,500°C	4,500°C
玉 蜀 黍	2,370°C	3,000°C
菸 草	3,200°C	3,600°C
向 日 葵	2,600°C	2,850°C
豨 豆	2,300°C	2,940°C
大 豆	2,500°C	3,000°C
菜 豆	2,400°C	3,000°C
藝 苔	2,300°C	2,500°C
馬 鈴 薯	1,300°C	3,000°C
小 麥	1,870°C	2,250°C
大 麥	1,750°C	2,075°C
亞 麻	1,600°C	1,800°C

## 二、日照與作物

日照 (Daylight) 是地球上「能」 (Energy) 的主要來源，為作物光合作用 (Photosynthesis) 的原動力，並為決定作物生產的重要因素。同時日照亦能抑制植物體的徒長及充實增強植物體的各部組織。由此可知日照對於農業極為重要。

(1)日照與作物的生長：植物在生長期中的需光量因種類而不同。需要量少的稱為陰性植物 (Shade plants)，如羊齒類及苔蘚類。需要量多的稱為陽性植物 (Light plants)，如松樹。一般農作物大多數是需光量較多的陽性植物。

明瞭各種作物的需光量，為今日農業氣象學的重要課題之一。然而測定需光量的唯一方法，

即為補償點 (Compensation Point) 的研究，所謂補償點，即碳素同化作用所吸收二氧化碳的量，與呼吸作用所呼出二氧化碳的量，達相等時之點，稱為補償點。如日光較此點微弱時，則消耗植物體的異化作用 (Dissimilation) 較構成植物體的同化作用 (Assimilation) 為大，故植物漸趨衰弱。如較此點更為低弱時，則植物生育即告停止，此即所謂植物的最小需光量。

日照如果不足，則構成植物的主要物質，——碳水化合物  $C_n(H_2O)_n$  不能充分形成，最易引起一般生育上的不良現象。據多數學者的實驗結果謂，假使在短期內遮斷日光，則植物即呈發育上不良的現象，尤其以子實為生產目的的作物受其影響為最大。(如稻米) 實際上日照時間愈長，光度愈強，產量必隨之增加，但日照達某程度以上時，則產量反而因之減少。

總之，凡作物在日照不足時，碳素同化作用及蒸散作用必呈衰弱狀態，因此開花結實遲緩，

作物體發生徒長現象，結實量減少，果實的色澤、香味亦不佳。

(2)日照不僅與作物生長有密切關係，且能左右作物的形態，支配蒸散作用及影響開花結果的效能。簡言之，日光不僅支配生長速度，且能變化體型。通常所謂生長 (Growth)，不外增大形態與增加其乾物質，——\* (乾物質係經 150°C 乾燥的植物質，由可燃性的有機質及不燃性的無機質所組成)。——然此兩者不可能同時兼得。例如於陰處栽植的豌豆，其幼芽特別細長而乾物質却減少 (體積生長 Volume-growth)，反之，於日光較強之處，則植物營旺盛

的碳素同化作用，並增加乾物質，惟體積生長微受控制，（重量生長 Weight-growth）。由此可知植物於晝間增加其乾物質，夜間增加其體積。

(3)日長對作物的影響：

所謂日長，就是每天廿四小時中，白天的時數，也可以說是每天日照的長短。作物的開花結果，大都受日長長短的影響，作物的這種反應稱為光期感應（Photoperiodism），或稱日長效果，是由 Garner 及 Allard 兩氏最早發現。此後復經多數學者的研究結果，得知大部份的作物必須在適當的日長下才能開花，否則開花延遲或不開花。並且得知大多數的作物均各有其一定的臨界日長，也就是剛好够開花的日長。當日長比臨界日長短時才能開花的植物稱為短日性植物（Short-day plants）；反之，當日長比臨界日長，長時才能開花的植物稱為長日性植物（Long-day plants）；通常春天播種，秋天開花的植物，如稻、大豆、粟（小米）等屬於短日性植物。秋冬播種而至翌年春夏開花的作物，如小麥、燕麥、馬鈴薯、甜菜等則屬於長日性植物。

此外尚有部份作物，不論日長的長短怎樣，均可開花的，稱為中性植物（Indeterminate plants），例如蕃茄、茄子等。又必須在一定的日長時數下才能開花的植物稱為定日性植物（Definite-day plants）。例如甘蔗品種 F106 必須在日長為 12 小時至 12 小時 45 分，才能形成花芽，超過或不足此數，均不會形成花芽。

(4)作物對日長長短的反應，因種類不同而可分成上述四類，但是同一種作物，因品種成熟早晚的不同，對日長長短的反應，亦有顯著的差異。例如大豆早熟種屬於中性，晚熟種屬於短日性。又臺灣的蓬萊稻品種一般都顯示中間性，但在來稻則有一部份品種屬於短日性，此一部份品種遂不能在第一期作栽培，而只能在第二期作栽培。因此在來稻品種具有期作性。

### 三、降水與作物

(1)各種作物在生育期間：對水分依賴的程度各不相同。有的作物需在水中才能生長良好，有的喜好潮濕的地方，有的抗旱性較強，乾旱的地方亦可長生良好。所以雨量的多少，限制作物的分佈甚嚴。

一般言之，年雨量不及 250mm 的地方稱為乾旱區，除非有良好的灌溉設施，不適合栽培作物，只能勉強供放牧用；年雨量在 250mm ~ 500mm 的地方稱為半乾旱區，最宜放牧，若干作物如小麥、蜀黍

可以栽培，其他作物之栽培必須灌溉始能安全；年雨量在 500mm~750mm 的地方稱為半濕潤區，作物之栽培應採用優良的旱農制度；年雨量在 750mm~1,000mm 的地方稱為濕潤區，宜於一般農作物的栽培，種植水稻尚須灌溉；年雨量在 1,000mm~2,000mm 的地方為水稻區，每年種水稻一次或二次，視氣候與地勢而異。

(2)降水對作物的影響，須視降雨的多寡，時期及頻度而定。適度的降雨，不僅可浸潤土壤並可維持空氣中適當的水汽，對作物的生育具有促進的作用。但降雨過多或過頻繁時，日照減少，空氣濕度過高，易引起作物徒長和誘致病菌侵害。在開花期雨水過多時，常將花粉沖失，妨礙授粉作用的進行，減低結實率。已屆成熟的穀類作物，如遇陰雨連綿，不僅妨礙收穫工作，並且造成穗上發芽的現象，使作物產品的品質降低。

(3)水為作物光合作用不可缺少的原料，為構成作物各種器官主要的成分，能保持細胞原生質（Cytoplasm）的生活狀態，以進行各種生理作用。同時作物由土壤中所吸收的養分，必須溶解於水後始能為作物所吸收。而同化作用所產生的物質必須溶解於水，方能輸送到作物體內各部組織。倘作物體內無水分，作物即失去生活機能。由此可知水分對於作物生長是何等的重要。

(4)作物從生育開始以迄成熟，繼續不斷吸收水分，其吸水量幾達乾物質的數百倍。作物吸收的水分，一部分用以產生同化物質，大部分經蒸發而散失。它不斷的在循環。在一定時間內蒸散所消失水分的重量與同時間內所產生的乾物重量之比，稱為作物需水量（Water requirement）。

生產 1 公克乾物質的需水量

作物名稱	需水量(公克)	作物名稱	需水量(公克)
黍	260~268	甘 藍	518
蜀 黍	274~380	胡 蘿 蔔	614
玉 蜀 黍	229~375	菠 苣 苔	714
小 麥	455~550	棉	568
大 麥	506~523	西 瓜	577
燕 麥	529~604	西 洋 南 瓜	686
稻	682	菜 豆	750
蕎 麥	540	紫 苜 蓿	626~835
馬 鈴 薯	499~650	向 日 葵	577

(5)作物的需水量依作物種類與生育時期而有不同

，並依生育期中空氣濕度、風速、日照等氣象因素的不同而異。茲列舉 Shantz land Piemeisel 兩氏的調查結果如下表。惟實際栽培時尚須將由地表蒸發的水量與向地中滲透的水量計算在內。故作物的實際量，應較上表中數字更大。

#### 四、濕度與作物

(1)濕度對作物的影響。一般言之，濕度低時對作物的害處較少，因濕度低時大都天氣良好。如果土壤水分供給充足，濕度低時作物的生理作用旺盛，收量增加。但在土壤水分供給不夠時，過低的濕度會使作物發生萎凋，生育不良，成熟提早，此在需種子的作物，特別明顯，但需葉莖部份的作物濕度高時生長反而良好，品質亦佳。例如麻類作物 (Fiber crops) 濕度高時纖維加長。他如茶樹(需要部份為嫩葉及芽)性喜高濕，在朝霧濃重的地方，品質極佳。

(2)過高的濕度，對作物有害，禾穀類作物開花期如空氣過潮，花藥不能裂開，受粉即不能進行。又如樹類，在花芽分化期如果遇過高的濕度即不能形成花芽而轉變為葉芽，使花數減少。潮濕的天氣亦易發生落蕾、落果現象，此因果柄莖部的離層細胞因膨壓增加而與花蕾或幼果分離。濕度高時陽光大都不充足，光合作用減低，同化物質的生產較少，因此植株大都柔弱徒長。又一般病原菌在濕度高時易於繁殖，故容易誘致病害。

#### 五、風與作物

(1)和風、軟風有助於作物的蒸散作用、呼吸作用，礦素同化作用和受粉作用。並可使作物株行間的通氣良好，降低株行間的濕度，避免因高濕引起的弊害。和風並可預防霜害和病蟲害的發生，有利於作物收穫物的乾燥，在農業上益處頗多。但暴風、強風、寒風等對作物的損害亦極大。暴風和颶風能拔除作物、摧毀枝葉及花果，或使植株倒伏。水稻在開花期如遇颶風，則整穗白枯，全不能稔實，在成熟期則穀粒脫落，或因長期浸水而發生穗上發芽現象，降低品質，減低收量。香蕉之抗風力最弱，每因颶風而全毀。

又雨少風多的地方，土壤容易乾燥，常發生風蝕現象 (Wind erosion)，不利於作物的栽培。寒風能降低作物體溫，影響作物的生育，妨礙花粉的形成，增加空秕的粒數。

此外在沿海地區，海風常夾帶鹽分吹襲作物，使作物發生鹽害萎凋。

(2)風害的預防法如下：

(A)，設置防風牆；利用木板、竹竿、藁稈、藍草及塑膠布、塑膠繩等編架防風牆，以防止寒風與強風侵害作物，此法多應用於苗圃，蔬菜及花卉等作物。

(B)，栽植防風林；例如臺灣北部、桃園、新竹沿海栽植的木麻黃及水田地區栽植的竹林均為防風林。防風林防風的範圍可達樹高的二十倍遠，效果良好。

(C)，肥料的配合要適當；氮肥(Nitrogen fertilizer)勿施用過多，鉀肥(Potassium fertilizer)需充分施用，使植株強健，增強抗風能力。

(D)，選栽抗風力強的作物或品種；作物的抗風力因種類而不同，如甘藷、落花生、茶等抗風力較強。稻、麥、甘蔗、菸草、香蕉、木瓜等抗風力較弱。同一種作物因品種不同抗風力相差頗大，一般短稈，不易脫粒的品種抗風力強。例如蓬萊稻品種之抗風力即較在來稻強。

#### 六、臺灣之作物分布

(1)臺灣地處亞熱帶，高溫多雨，生長季節很長，終年都可栽培於作物，但因受中央大山脈的影響，農業經營大都集中西南部沿海平原。中央部和東部，平原狹小，農業較不發達。作物的分布主要受下列三條天然界限的影響。第一條是 500公尺等高線，為本省山地與丘陵地的界限，也可以說是農耕帶與森林帶的分界。第二條是 100公尺等高線，是平原與丘陵的分界。第三條界限大致從新竹以南的海岸開始，沿中央山脈西側邊緣直下恒春半島。此一界限為臺灣氣候的一條過渡地帶，它是臺灣西南部熱帶氣候與東北部溫帶氣候的分界，也是東北部濕潤氣候與西部夏雨冬旱氣候的分界，也可以說是臺灣主要農作物分布的最重要界限。臺灣主要的茶區，從北而南，至此為止。所有的甘蔗、香蕉、鳳梨、菸草等作物的主要產區，則皆限於此線以南。

(2)臺灣各地作物的分布，因受上述三條界限的影響，除水稻和甘藷全省栽培可稱普遍外其他各種作物皆有區域性和集中性。

茲將臺灣各主要農作物的分布，說明如下：

(A)，水稻：全省各地除澎湖羣島外，栽培均極普遍，年可兩熟，故有一期作及二期作之分。栽培面積全省計 72 萬公頃，其中以彰化縣為最多。順序為桃園、屏東、雲林、臺中等縣。

(B), 甘藷：全省各地均有栽培，但以中南部較多，栽培面積僅次於水稻，達餘 20 萬公頃，以臺南縣最多。次為雲林、彰化、嘉義、高雄、屏東、苗栗、花蓮等縣。

(C), 落花生：分布地區以中南部之雲嘉地區最多。全省栽培面積約 7 萬餘公頃，其中雲林縣栽培面積佔 40%，產量佔 52%，次為嘉義，再次為花蓮和彰化兩縣。

(D), 甘蔗：甘蔗為臺灣最重要的現金作物，除東北部各縣市栽培甚少外，中南部和東部地區各縣市栽培頗多。其中以臺南、嘉義、雲林、高雄、屏東栽培最廣，全省栽培面積約在 8~10 萬公頃之間，產糖量約 80 萬公噸。栽培面積和產糖量頗受國際糖價高低的影響。

(E), 大豆：大豆為臺灣新興的農作物，栽培面積的擴充頗速。臺灣光復前栽培面積約在 4,000~6,000 公頃之間，但現在已達 3 萬 6 千公頃，產量達 6 萬公噸。其中以屏東縣栽培最廣，約佔全省之半，次為高雄、雲林、花蓮、嘉義等縣。栽培的方式，以利用水田冬季裏作為主。

(F), 茶：臺灣茶樹分佈的區域，小葉種都集中在北部新竹、桃園、臺北和苗栗等山區丘陵地一帶。大葉種則分佈於南投縣魚池鄉一帶。其他地區極少栽培。全部栽培面積約 3 萬 2 千公頃，粗茶產量約 2 萬 8 千公噸。

(G), 菸草：臺灣菸草屬於公賣事業，菸草的栽培需先申請核准。北部地區沒有栽培，而集中於中南部地區，以高雄、南投、嘉義、花蓮、臺中等縣栽培較多。

(H) 香蕉：香蕉是臺灣近年重要的出口作物，栽培地區集中於中南部山區邊緣的丘陵地。栽培面積達二萬餘公頃，以屏東縣最多，次為南投、高雄、臺中、雲林等縣。

(I) 鳳梨：鳳梨罐頭是本省主要的出口農產品，主要栽培地區在彰化 and 臺東兩縣。其他臺南、高雄、屏東、南投等縣栽培亦相當普遍。

(J) 柑桔：臺灣柑桔分布地區集中北部山區丘陵地和茶樹分布略相同。以臺北縣最多，嘉義次之，臺中、新竹、臺東等縣亦栽培較多。

## 七、作物氣象之展望

(1) 農業發展，糧食增產是臺灣現階段的一項最重要工作。因為在全球性的糧食危機中，我們的農業經濟地位，實應受到極度重視。鑒於此時此地，選擇適

當地點，生產最有利作物以及開發山坡地補充農業用地，增加糧食生產，實為最緊要的有效途徑。然而無論是適地適作或開發山坡地，最基本的問題並不是改良品種、施用肥料、防治病蟲害及改良土壤等栽培技術，乃是作物氣象的問題。因為如本研究報告所述，每一作物，每一生育階段都有其最適宜的氣候條件，若不能達到這條件，恐不能得到最理想的成果。所以針對現有農作物之分布，作整體之規劃及改進，使各種農作物能在最適之氣象環境下生長，充分發揮其生產潛力是必要的。

(2) 下面係筆者對於臺灣作物分布正常發展之構想：

(a), 東北部地區：適於種植水稻。坡地栽培柑桔、雪柑等果樹。

(b) 北部地區：最好種植水稻、蔬菜、甘藷及落花生。坡地栽培柑桔、茶、高冷地蔬菜、竹筍及桑等作物。

(c), 中部地區：適於種植水稻、玉米、小麥、甘蔗、菸草、蔬菜、落花生、蘆筍、甘藷及香蕉等。山坡地栽培葡萄、椪柑、蘋果、梨、香蕉、鳳梨及竹材等。

(d), 嘉南地區：適於種植水稻、雜糧作物、甘藷、甘蔗、菸草、蘆筍及無子西瓜等。山坡地栽培椪柑、柳橙、芒果、鳳梨及竹筍等。

(e), 高屏地區：適於種植水稻、大豆、菸草、蔬菜及香蕉等。山坡地栽培鳳梨、瓊麻等。

(f), 東部地區：適於種植水稻、玉米、花生、甘藷、菸草、甘蔗及無子西瓜等。山坡地栽培鳳梨、柑桔、茶等作物。

(3) 當然，糧食增產除氣象環境因素外，改革農業生產結構，實施共同作業，農場企業經營以及農業機械化等問題亦應該是極重要的。但願本研究報告能夠為今後之臺灣糧食增產供應小小參考意見。

## 參考文獻

1. Treshow, Mi (1970) Environment & Plant Response.
2. Jen-Hu Chang (1968) Climate and Agriculture.
3. Agriculture Research Service U. S. D. A. (1961) Light and plants.
4. Gates, D. M. (1965) Ecology.
5. John A. More (1963) Biological Science
6. 臺灣省政府農林廳臺灣農業年報 (民國63年)
7. 安田貞雄, (1951) 栽培學汎論
8. 佐佐木喬 (1955) 綜合作物學。