

玉米生長 對溫度因子的需求與受影響的門檻值

▲農試所作物組 謝光照 戴宏宇 孫凭璋

一、前言

玉米在台灣有春作及秋作兩期，春作由低溫及短日照逐漸轉為高溫、多濕及較長日照環境；而秋作則由高溫、長日照及多濕逐漸轉為低溫、低濕度及短日照，致兩期作玉米的產量與品質上呈現秋作優於春作。

從民國97至106年，十年間食用玉米的種植面積呈現增加趨勢，97年至106年收穫面積介於11,945-14,194 公頃，單位面積產量介於6,765 -7,028 (公斤/公頃；kg/ha)，總產量介於80,807 -99,750 公噸，屬自給自足的鮮食用作物。食用玉米在全國各地都有栽培，在106年栽培面積最多的為雲林縣(5,873 公頃)、台南市(2,670 公頃)及嘉義縣(市)(1,485 公頃)，顯示雲林縣，台南市、嘉義縣為台灣食用玉米的主要產區。主要種植期為秋作及裡作，其次為春作。食用玉米的種類分為甜玉米、糯玉米、普通白玉米、與筍用玉米等。總生產量最多者為甜玉米，其次為糯玉米、再其次為普通白玉米。

硬質玉米近十年的種植面積呈現增加趨勢，民國97年從7,053公頃至106年面積增為15,170 公頃，單位面積產量分別為5,287 -4,941 公斤/公頃，總產量分別為37,290 -74,952 公噸。在106年栽培面積最多的為台南市(8,398 公頃)、嘉義縣(市)(5,828 公頃)及雲林縣(501 公頃)，顯示台南市、嘉義縣及雲林縣為台灣硬質玉米的主要產區。主要種植期為秋作及裡作。硬質玉米的用途分為糊熟期全株收穫當青飼料用，或於生理成熟期收籽粒用二種。國內畜牧及家禽養殖所需的飼料量龐大，因此硬質玉米每年籽粒須進口量在450-500萬噸，國產生產量少，無法滿足需求，例如104-106年國產硬質玉米自給率在1.5%左右。

作者：謝光照研究員
連絡電話：04-23317115

二、雲嘉南地區全年氣象因子的月平均氣溫、月平均日照時數及月平均雨量的變化趨勢

台南及嘉義地區過去30年(1981-2010)月平均氣溫，由一月至八月呈現增高現象，以八月最高，隨後由九月至十二月呈下降趨勢；月平均溫度、單月的累積日照時數、月平均雨量(mm)均以6-8月較高。根據玉米對溫度的需求變化，玉米的栽培時期呈現以秋作(8-9月)及裡作(10-11月播種)為主，玉米生長至生殖生長發育時期(11-12月)的平均月溫度在17.7-24.5℃間；其次為春作(1-2月播種)，玉米生長達生殖生長發育時期(4-5月)的平均月溫度大約在23.0-27.2℃，正適合玉米籽粒充實生長所需的溫度(表一)。而玉米生長期間的每月日照累積時數在170小時以上，日照時數也足夠(表一)，加上春作月平均雨量適合，秋作則進入乾燥季節的減少現象(表一)，有利於玉米籽粒充實。由於三個氣象因子有

利的搭配，自然使雲嘉南地區成為台灣玉米的主要產區。

三、玉米生長對溫度的需求

玉米不同的生育階段對氣溫的需求有所不同，熱帶型品種與溫帶型品種對溫度的適應性也有所差異。

- (一) 播種至出苗：玉米在土壤水分適宜(60-70%)的條件下，氣溫越低，所需的時間越長。低於10℃以下，種子易受到土壤病菌侵害而霉爛。25-30℃時，只需3-4天就能發芽。
- (二) 節間伸長期至開花期：玉米生長進入節間伸長期，對溫度要求相對提高，20-27℃氣溫下，其生長隨溫度上升呈現直線增長。開花期的適宜氣溫為26-32℃。
- (三) 籽粒充實期至成熟期：玉米籽粒充實期至成熟期最適宜的平均氣溫為20-24℃，在此範圍內，溫度愈高，籽粒中乾物質合成累積愈快，籽粒重量增大。

表一、1981-2010三十年間嘉義及台南地區月均氣溫(℃)、每月日照累積時數(hr)與月平均雨量(mm)

月份 地區	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	平均
月平均氣溫(℃)													
台南	17.6	18.6	21.2	24.5	27.2	28.5	29.2	28.8	28.1	26.1	22.8	19.1	24.3
嘉義	16.5	17.3	19.7	23.0	25.8	27.8	28.6	28.2	27.0	24.5	21.3	17.7	23.1
每月日照累積時數(hr)													
台南	179.4	158.3	178.8	172.8	186.9	181.7	210.8	189.1	179.2	196.2	172.6	175.0	181.7
嘉義	165.1	134.2	151.3	150.4	172.6	181.0	214.2	192.5	181.2	189.7	163.6	170.9	172.2
月平均雨量(mm)													
嘉義	27.6	57.7	62.2	107.6	189.2	350.7	304.3	422.1	148.9	22.7	12.2	0.9	總計 1726.1

1981-2010氣象局觀測資料。

四、高溫對生長生育影響之門檻值

玉米不同的生育時期對高溫的耐受性也有所不同，一般在營養時期耐受性高於生殖生長期，各時期對高溫耐受性的門檻值分述如下：

- (一) 播種至出苗：氣溫超過 35°C 發芽就會受影響，而 40°C 以上，種子發芽會受到抑制。
- (二) 玉米於旺盛的營養生長到生殖生長轉化的關鍵且敏感時期，當玉米處在日平均最高氣溫大於等於 35°C 以上，持續5天以上，且無效降雨持續8天以上的氣象條件下，高溫熱害就必然發生。
- (三) 吐絲期、開花期、籽粒灌漿(充實)期至成熟期： 35°C 連續4-6天，顯示其籽粒乾物質累積明顯減少。
- (四) 田間玉米在生長季節遭到幾天短暫幾小時熱浪來襲($37-39^{\circ}\text{C}$)，一些不耐熱的品系葉片會產生日燒及其雄穗枯萎現象。
- (五) 玉米授粉後細胞分裂期遭遇4天，短暫的 35°C 高溫逆境下，其籽粒乾物質減少35-40%，更嚴重時籽粒呈退化萎縮。
- (六) 玉米生長在高溫多雨季節，特別是授粉期，如果遇到連續 35°C 以上的高溫乾旱，花粉很快死亡，不能正常授粉，導致產量降低。成熟的玉米花粉對 40°C 的高溫逆境特別敏感，授精不易成功。

(七) 高溫易導致玉米授粉結實不良，具體影響包括：

1. 對光合作用的影響

在高溫條件下，光合蛋白酶的活性降低，葉綠體結構遭到破壞，引起氣孔關閉，從而使光合作用減弱；另一方面，在高溫條件下呼吸作用增強，消耗增多，乾物質積累下降。 $38-39^{\circ}\text{C}$ 的高溫脅迫時間越長，植株受害就越嚴重，越難恢復，所需時間也越長。

2. 縮短生育期

高溫迫使玉米生育進程中各種生理生化反應加速，各個生育階段縮短。如雌穗分化時間縮短，雌穗小花分化數量減少，果穗變小。在生育後期高溫使玉米植株過早衰亡，或提前進入成熟期，籽粒充實時間縮短，乾物質積累量減少，千粒重、容重、產量和品質降低。

3. 對雄穗的傷害

在孕穗階段與散粉過程中，高溫都可能對玉米雄穗產生傷害。當氣溫持續高於 35°C 時不利於花粉形成，雄穗開花散粉受阻，呈現雄穗分枝變小、數量減少，小花退化，花藥瘦癟，花粉活力降低，受害的程度隨溫度升高和持續時間延長而加劇。當氣溫超過 38°C 時，雄穗不能開花，散粉受阻。

4. 對雌穗的傷害

高溫也影響玉米雌穗的發育，致使雌穗各部位分化異常，延緩雌穗吐絲，造成雌雄花期不協調、授粉結實不良、籽粒瘦癟、果穗禿尖缺粒現象，產量嚴重下降。

五、低溫對生殖生長期之影響及門檻值

玉米屬中等耐霜凍作物，在-2.4 - 3.5 °C範圍內，組織內發生結冰、生物膜體系對其有一定忍耐能力，經緩慢解凍可恢復生長；台灣玉米生長期遭遇<5 °C的低溫寒害，很少見，但碰到天候異常所產生幾天的低溫，對處於營養生長期的玉米會造成幼苗初期葉片似被熱水燙過，葉緣失水萎凋，再嚴重則葉身大片萎凋，對後期的生長也有影響。一些研究指出玉米受寒害較嚴重為植株處於雄穗分化發育生長期、小孢子分裂形成期、開花期與授粉期，分述如下：

1. 在玉米雄穗分化發育生長期：遭遇寒害(<5°C)，其雄穗分支數、小穗花及花粉粒減少，不同品系有明顯差異。
2. 在小孢子分裂形成期：遭遇寒害，不會減少花粉粒的數量，但低分支上小穗花飽滿的花粉粒比率會減少。
3. 玉米於開花期與授粉期：遭遇寒害，隨著低溫的程度與時間的長短，產生寒害的程度也有所不同，初期葉片似被熱水燙過，葉緣失水萎凋，再嚴重則葉身大片萎凋，甚至有植株枯死現象；果穗籽粒充實期遭遇長時間寒害，造成葉片提早枯萎，果穗頂端充實不佳的現象。

六、針對低溫及高溫的因應方法

根據氣象局觀測資料(2)，台灣全年氣溫在過去一百多年上升約1.3°C，且

近50年到近10年增溫有加速的趨勢。分析日平均氣溫、日最高溫度與日最低溫度的變遷，發現全年、夏半年與冬半年的日平均氣溫的百年增溫幅度無顯著差異，但是日最低溫度的增溫幅度約為日最高溫度的二倍。

在極端溫度方面，隨著平均氣溫上升，全球與台灣的極端溫度發生頻率皆增加。在過去五十多年以來，台灣極端溫度事件已有改變的趨勢，極端高溫的頻率增加、強度增強；極端低溫頻率減少、強度減弱。台灣極端高溫事件發生的月份以7月為主，發生在夏季（6-8月）的比例則超過 90%。

(一) 預防高溫危害的方法

1. 選育和推廣耐熱品種：台灣常於7、8月發生，各生長階段遇高溫35°C幾小時或更長的幾天，不耐熱的品種葉片會產生日燒及雄穗枯萎現象。防範措施：避開高溫期栽培。在台灣夏作栽培的食用玉米，應採用耐熱性較佳之熱帶型品種為宜。目前市面上的熱帶型甜玉米品種，有華珍2號(農友)，金珍珠(農友)，吉珍(農友)，雪珍(農友)，華珍(農友)，彩珍(農友)，珍貴(農友)，金禾(農友)。SC-2028(稼穡)，雙發 ST-2015(稼穡)，美粒甜(稼穡)，雙星(稼穡)，白嘉麗(稼穡)，夏蜜(和生)。
2. 調節播種期，使吐絲散粉期避開高溫時段在高溫熱害易發和常發地區或季節，可採取提前播種或推遲播種等措施，使吐絲及散粉期避開7月

下旬至8月這段最容易發生高溫熱害的時間。

3. 適當降低密度，採用寬窄行種植在低密度條件下，個體間爭奪水肥的矛盾較小，個體發育健壯，抵禦高溫傷害的能力較強，能夠減輕高溫熱害。
4. 高溫期多灌水，藉由蒸發與蒸散作用降低植體溫度，減少高溫熱害。

(二) 預防寒害(<5°C)的方法

發生於1、2月，低於5°C寒流幾天，易造成寒害，剛開始玉米葉片似熱水燙傷，葉片隨之乾枯，再嚴重者植株死亡。在孕穗期遇低溫雄穗分支數減少，

花粉粒減少。籽粒充實期遇低溫葉片黃化萎凋，果穗充實度變差，產量及品質都會下降。防範措施：

1. 營養生長期在溝灌淺水保溫或設防風網，以達防寒效果。
2. 達成熟期可採收的果穗，應儘快採收(圖一)。

七、結語

台灣極端溫度事件已有改變的趨勢，預測未來極端高溫的頻率增加、強度增強；極端高溫事件發生的月份以7月為主，發生在夏季(6-8月)的比例則超過90%。玉米生長在高溫多雨季節，如果遇到連續35°C以上的高溫，持續5天



圖一、玉米的防災栽培曆。

以上，高溫熱害必然發生。主要造成光合作用減弱，呼吸作用增強，對雄穗、雌穗分化與發育產生不利，進而縮短生育期，使乾物質積累量減少，千粒重、容重、產量和品質都降低。預防高溫危害的方法：1.選育和推廣耐熱品種。2.調節播種期，使吐絲與散粉期避開高溫時段。3.適當降低密度使個體發育健壯，抵禦高溫傷害的能力較強，能夠減輕高溫熱害。4.高溫期多灌水，藉由蒸發與蒸散作用降低植體溫度，減少高溫傷害。於1、2月，如有低於5℃寒流發生，也易造成寒害，防範措施：1.營養生長期在溝灌淺水保溫或設防風網，以達防寒效果。2.達成熟期可採收的果穗，應儘快採收。如此才能使玉米順利長成，歡喜收成。

八、參考文獻

- 106年台灣農業統計年報。
- 1981-2010氣象局觀測資料。
- 楊舒惠、謝光照、吳詩都。2003。台南白玉米族群種子發芽之溫度反應。中華農業研究52:23-30。
- 涂光曙。2009。甜糯玉米栽培與加工。金頓出版社。
- Chen, J., W. Xu, J. J. Burke, and Z. Xin. 2010. Role of phosphoric acid in the temperature tolerance in maize. *Crop Sci.* 50:2506-2515.
- Cheikh, N. and R. J. Jones. 1995. Heat stress effects on sink activity of developing maize kernels. *Plant Physiol.* 95:59-66.
- Cicchino, M., J. I. Rattalino Edreira, M. Uribe Larrea, and M. E. Otegui. 2010b. Heat stress in field-grown maize: Response of physiological determinants of grain yield. *Crop Sci.* 50:1438-1448.
- Commuri, P. D. and R. J. Jones. 2001. High temperatures during endosperm cell division in maize: A genotypic comparison under in vitro and field condition. *Crop Sci.* 41:1122-1130.
- Dupuis, I. and C. Dumas. 1990. Influence of temperature stress on in vitro fertilization and heat shock protein synthesis in maize (*Zea mays* L.) reproductive tissues. *Plant Physiol.* 94:665-670.
- Tranel, d., A. Knapp, and A. Perdomo. 2009. Chilling effects during maize tassel development and lack of compensational plasticity. *Crop Sci.* 49:1852-1858.
- <https://kknews.cc/agriculture/aaz8ejj.html>.
- <https://kknews.cc/agriculture/ggry99y.html>.
- <https://kknews.cc/agriculture/knx8xmqq.html>.