逆境對玉米生長產量之影響與育種及栽培因應之道

謝光照

農業委員會農業試驗所作物組，E-mail: x486045@tari.gov.tw

摘 要

玉米屬旱地作物，種子發芽對浸水的反應相當敏感，種子的萌芽能力隨著浸水期間的延長而降低萌芽率。氧氣缺乏爲浸水下玉米萌芽降低的主要原因，玉米生長發育期間以幼苗期(v3-v5)對浸水溼害最爲敏感，根部的生長、生理活性、呼吸作用和植株生長均受到明顯抑制，葉片 PEPCase(PEP carboxylase)活性與葉綠素含量(Chlorophyll content)均明顯下降，對籽粒產量影響很大。最根本的解決方法是由育種改良方法育成耐溼且高產之品種，在排水良好的地區栽培。玉米生長發育與授粉後需要適量的水分供應細胞分裂與籽粒充實，若於此時發生缺水，其光合作用效率降低，光合產物如蔗糖(sucrose)與葡萄糖 (glucose) 會明顯減少，同時轉移至籽粒的量也會明顯減少，造成籽粒重、籽粒數和收穫指數都明顯減少。抗旱鑑定指標---最適用產量因素指標是單株粒重；最適合的綜合指標是乾旱係數(drought coefficient)。玉米屬於亞熱帶作物，發芽、生長及發育需要高的適當溫度。田間玉米在生長季節遭到幾天短暫幾小時熱浪來襲(37~39 ^{o}C)，葉片會產生日燒(leaves firing)及其雄穗枯萎 (tasseling blasting)，植株葉面積、株高與乾物質量均明顯減少，雄穗呈現延遲開花、發育速率降低、雌穗吐絲期同時延遲現象現象。高溫逆境發生在授粉期至胚乳細胞分裂期會造成籽粒著粒數減少與產量降低。因應高溫逆境的預防措施：(1)避開高溫期栽培。(2)在台灣夏作栽培之食用玉米應選用熱帶型品種爲宜。(3)應用玉米種源間對高溫逆境之耐熱性有程度上的差異存在，篩選較耐熱之品種。當玉米處於低溫逆境時，對玉米的發芽與生長會產生一序列生理傷害，造成寒害產生。例如根乾重、幼苗根的分支數、CO_2 交換率 (CER)、葉片葉綠素含量、光合作用 PSII 量子效率 (ΦPSII)、苗乾重、雄穗分支數、小穗花、花粉粒與籽粒產量降低或減少。目前耐寒性的育種僅能以增加產量與改善產量的穩定性爲主要目標進行選育。玉米在雜種優勢得到廣泛利用後，抗病基因篩選、株型改良、葉片保綠期延長與中晚熟品種將成爲台灣玉米育種產量潛能提高的主要育種技術方向。今後飼料玉米將朝著耐密植、抗逆、廣適應、高產和適應機械化作業的新品種選育方向發展。

前 言

每種植物在其適當的生長環境下，能生長良好且能完成生殖生長。植物因不能移動，當栽培環境或氣候改變而遭遇逆境(stress)，例如淹水造成水份過多，乾旱缺水，高溫過熱，低溫過冷均會對植株產生影響，伴隨著一序列的生理反應產生，最後對植物生長發育及最終乾物質重或產量產生極大之影響。玉米(*Zea mays* L.)爲當前世界重要的糧食作物之一，用途極多，栽培範圍也極廣，在栽培生長的過程中常遭遇環境逆境，導致歉收或無收成，對產量及糧食安全產生影響。本文僅就湛水(flooding stress)、乾旱(drought stress)、高溫 (heat stress)與低溫(chilling stress)等逆境對玉米發芽、生長發育及產量之影響進行討論，併就栽培及育種上提出因應之道。

湛水(Flooding)

台灣位於亞熱帶地區，年降雨量豐沛約有 1,500~2,500mm，但降雨分布不均，集中在 5~9 月，降雨強度大，水份過多會限制玉米生長與發育。在 5~6 月爲梅雨季節，二期作生育前期受颱風之威脅，生育後期，中北部及東部受到東北季風的影響，陰雨常持續達二星期以上，此種驟雨及長期雨水使土壤水分呈現飽和狀態，嚴重影響玉米萌芽、發育生長及產量。

1. 浸水對玉米種子萌芽的影響

玉米種子發芽對浸水的反應相當敏感，鄭與朱 (1988) 以台農 351 號及台南 5 號二個品種播種一天後，浸水 6 小時，萌芽率 (germination percentage)即明顯下降，浸水 24 小時以上即完全抑制發芽(表 1)。玉米種子的萌芽能力隨著浸水期間的延長而降低萌芽率，同時浸水的溫度由 10℃提高至 25℃，對玉米萌芽的傷害更爲嚴重，即浸水的溫度愈高萌芽能力愈低 (Crowford, 1977)。目前據研究報告指出耐浸水的玉米種子在 10℃下浸水 10 天，仍然能夠保持其萌芽能力，敏感的品種僅浸水 3 天就完全喪失其萌芽能力，顯示品種間種子萌芽對浸水反應差異極大 ，其原因可能是(1)耐浸水品種發芽時僅需要少量的能量消耗。(2)在低氧下，耐浸水品種比敏感品種更能產生足夠的能量以供給萌芽之用 (VanToai et al. 1985)。高(1984)、Martin et al.(1991) 研究結果顯示不同品種間耐浸水程度有明顯差異存在。浸水不但對玉米種子發芽率有影響，同時其發芽勢(germination vigor)、發芽係數(germination coefficient)降低。一般玉米種子在播種後 24~48 小時對人工浸水最爲敏感 (鄭與朱，1988) 。

氧氣缺乏爲浸水下玉米萌芽降低的主要原因，採取的因應之法，(1)播種前注意氣象預測，避開下雨前播種。(2)選排水良好之田區併採作畦栽培方式，開排水溝排水。

(3)以過氧化鈣(CaO_2)包裹種子改善萌芽率(陳等，1986)。(4)選耐浸水品種，以發芽率的高低與發芽勢來篩選最爲適當。

2. 浸水對幼苗生育之影響

玉米幼苗遭受浸水後，根系首先受到影響。 Wenkert et al.(1981)的研究均顯示幼根在 12~24 小時缺氧下，即降低其生長量，種子根受到的影響大於不定根，種子根的生長停止，並發生腐爛，以致其乾重、根長均減少；浸水會促進較高節位產生不定根，新形成的不定根具有通氣組織，產生對浸水之適應性。王等 (1995)發現浸水 3 天，玉米兩種根之生理活力均下降，不定根的生長、生理活性和呼吸作用卻隨浸水時間增長而有恢復現象(圖 1，2)。發芽後 15 日內之玉米幼苗不論何時浸水，均會影響爾後之地上部生育，浸水 3 日葉片出現黃化，下位葉之葉尖及葉緣發生萎凋，植株產生矮化(高，1984)。而鄭與朱 (1995)、王等(1995)以 4 葉齡期之台農 351 號品種進行人工浸水 3 天，根部的生長、生理活性、呼吸作用和植株生長均受到明顯抑制，葉片 PEPCase(PEP carboxylase)活性與葉綠素含量(Chlorophyll content)均明顯下降。一般而言，玉米植株上之老葉及幼葉對浸水較敏感，成熟葉片影響較小，浸水對老葉的作用爲促近老化、枯萎，對新葉抑制其伸出與葉面積伸展。玉米幼苗植株以第 3~5 葉齡期對浸水最敏感(蔡等，1993)。田間玉米在 3 葉齡期與 5 葉齡期遭受 3 天人工湛水，單株產量明顯降低，降低原因主要是植株供源(Source)減少，積儲(Sink)也減少(表 2)。供源減少主要葉面積指數(Leaf area index, LAI)及葉面積持續期 (Leaf area duration, LAD)顯著下降所致 (蔡等，1993)。

3. 浸水對齊膝期(Knee-high stage)及抽穗期(Tasseling stage)生育之影響

吳等 (1994)以田間生長之台農 351 號爲材料，分別於齊膝期 (Knee-high stage)及抽穗期 (Tasseling stage)遭受人工浸水 3~5 天，結果產量分別減少 12 ~31%，浸水期間愈長，減產愈嚴重，齊膝期浸水傷害較大。產量之減少主要是每穗粒數(Kernel no. per ear)的減少，百粒重(100-kernel weight)的影響較少(表 3)。同時浸水明顯降低果穗直線生長速率(Linear ear growth rate)，對果穗有效充實期(Ear effective filling duration)影響較少。植株莖與葉片內氮素濃度減少，籽粒內氮素濃度亦減少。

羅等(1986)、劉等 (1995)以單交種及其親本自交系爲材料進行耐澇性之篩選試驗，結果顯示雜交種比自交系耐澇，雜交種耐澇性與耐澇的親本自交系表現相近，表示玉米幼苗(V8-V9)耐澇性在品種間有明顯之遺傳差異存在(表 4)，可經由育種選拔來增進耐澇性之強度。耐浸水是受一組顯性的等位基因(alleles)所控制。因此由育種方法去增加玉米耐浸水是實際且可行的。一般是測定植株的殘存率或是乾物質生產相對減少量

爲依據。

玉米生長發育期間以幼苗期對浸水溼害最爲敏感，對籽粒產量影響也最大，減除溼害的措施，(1)儘可能設法迅速排除積水，於排水後補施肥料可以恢復部份玉米的生產力。(2)最根本的方法是由育種改良方法育成耐溼且高產之品種，在排水良好的地區栽培(朱與蔡，1992)。

乾旱(Drought)

玉米於授粉後需要適量的水分供應細胞分裂與籽粒充實，若於此時發生缺水，其光合產物如蔗糖 (sucrose)與葡萄糖 (glucose) 會明顯減少，同時轉移至籽粒的量也會明顯減少，造成籽粒重、籽粒數和收穫指數都明顯減少 (Setter and Parra, 2010)。如何提高作物的抗旱性是乾旱地區農業生產中十分重要的問題，李(1993)試驗結果顯示高鉀營養有助於改善玉米葉片的水分狀況，提高玉米葉片的滲透調節及氣孔調節能力，增加原生質耐旱性，對細胞膜也具有保護作用。

劉與曾(1995)以中國大陸 10 個有代表性的推廣品種爲材料，在半乾旱地區設立田間水源控制設施，分旱區(不澆水)與水區(澆水)進行試驗，分析玉米雜交種的產量及產量因素的乾旱係數、經濟學水份的利用效率。測定玉米雜交種的抗旱力試驗所獲得的主要結果如下：(1)不同玉米雜交種對乾旱的反應不儘相同，不敏感 (耐)組產量的乾旱係數介於 2.3%~14.5%，敏感 (不耐)組產量的乾旱係數介於 20.7% ~25.4%(表 5)。(2)不同玉米雜交種經濟學水份的利用效率 (籽粒 kg/ton 水)差異較大，不敏感(耐)組的經濟學水份的利用效率較敏感 (不耐)組提高 29.5% ~ 58.3%(表 6)。顯示品種間抗旱性有明顯差異，抗旱品種 (不敏感)其產量的乾旱係數值較小，而敏感(不耐)組產量的乾旱係數值則較大。不同的玉米自交系間葉片的蒸散效率 (transpiration efficiency)有明顯的遺傳差異存在(圖 3)，可以改良其蒸散效率，而不降低其光合作用 (Bunce, 2001)。當乾旱發生在玉米開花前或開花期間，吐絲期會延遲，開花與吐絲的間隔日數會增加，最終會降低籽粒產量。在極乾旱下，開花與吐絲的間隔日數有較大的廣義遺傳率，經由選種可有效改良縮短開花與吐絲的間隔日數 (Ribaut, *et al*. 1996)。

鑑定與選育抗(耐)旱 (drought-resistance)新品種需要注意下列幾點：(1)鑑定選育材料---從當前推廣的高產品種(雜交種)及其親本品系中，較易篩選到高產的抗(耐)旱新品種；(2)鑑定、選育環境----抗旱鑑定在乾旱逆境中進行效果較好；抗旱鑑定指標---最適用形態指標爲株高、捲葉情形、頂葉乾枯情形；生理指標爲電導極值、保水力；產量因素指標是單株粒重；最適合的綜合指標是乾旱係數(drought coefficient)。

高溫 (Heat stress)

每一種植物的生長發育都有其特定的溫度需求，一般的生長溫度大約在 0℃ ~ 40℃之間，而當環境溫度高於最高溫時，植物受到嚴重損害，甚至死亡。植物體暴露在高於最適生長溫度 5 ~ 10℃左右時，所誘導產生的特殊生理反應，稱爲熱休克反應 (heat shock response, HS)，熱休克反應除了抑制部分蛋白質的正長合成外，也會合成一類新的蛋白質，稱爲熱休克蛋白((heat shock protein, HSPs)。玉米幼苗植體暴露在 40℃下，1~2 小時，就會有熱休克蛋白產生(Dietrich, et al. 1991; Jorge, et al. 2002)。玉米熱休克蛋白具有保護細胞之作用，目前發現在植體的所有器官中均存在熱休克基因及其誘導形成之熱休克蛋白，熱休克蛋白的累積與基因的表現，在不同的時期是相互獨立的多基因家族所誘導產生 (Atkinson, et al. 1993)。

1. 高溫對營養生長期生育之影響

Tollenaar, et al. (1979)研究指出營養期玉米葉片生長速率，在 10 ~35℃範圍內爲曲線關係，於 32℃時達最大值，然後呈現下降現象(圖 4)。玉米在營養生長後期遭遇 36℃以上之高溫一段時間，隨後恢復回正常環境下生長，後來植株雄穗呈現延遲開花與發育速率降低；雌穗吐絲期同時延遲現象。高溫逆境下與正常溫度下相較，出現雄穗呈現延遲開花 5 天，雌穗吐絲期延遲 7 天(Cicchino, *et al*. 2010a)。

2. 高溫對生殖生長期生育之影響

Cicchino, *et al*. (2010 b)指出玉米於 11 葉齡期至雄穗抽出期遭遇大於 35℃以上之高溫一段時間，其植株葉面積、株高與乾物質量均明顯減少(表 7)；而於吐絲期遭遇大於 35℃以上之高溫一段時間，其植株生長速率、果穗生長速率、單株穗數、收穫指數、單株籽粒數及籽粒產量等均明顯降低或減少(表 8)。

Dupuis and Dumas (1990)在離體(*in vitro*)培養基的試驗結果，顯示成熟的玉米花粉對 40℃的高溫逆境特別敏感，授精不易成功，花粉粒在高溫逆境下不會產生熱休克蛋白，胚珠的熱休克蛋白合成量也減少。在高溫逆境下花粉所受到的影響程度大於胚珠，致授粉成功的機率減少(圖 5)。在田間及離體組培的試驗，發現在玉米授粉後細胞分裂期遭遇 4 天，短暫的 35℃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 (Cheikh and Jones, 1994;1995; Commuri and Jones, 2001)

3. 不同基因型對高溫逆境的耐受性之差異

田間玉米在生長季節遭到幾天短暫幾小時熱浪來襲(37~39℃)，玉米自交系 B106 葉片會產生日燒及其雄穗枯萎 (tasselingblasting)現象，而自交系 B76 比 B106 具有較強

之耐熱性。根據在人工氣候室精密溫控的試驗顯示 B106 在 34~35℃下，其光合作用 PSII 活性產生極大的降低現象；而 B76 在大於 38℃時才會產生其光合作用 PSII 活性產生極大的降低現象。可能係 B76 比 B106 含有較高的磷脂質含量，對細胞膜產生穩定及保護作用 (Chen, *et al*., 2001)。Commuri 與 Jones (2001) 以玉米自交系 B73 和 Mo17 授粉後 5 天的籽粒爲材料，在田間及離體培養下，以 35℃連續處理 4-6 天，結果顯示 B73 在離體培養下最終籽粒重較對照處理組減少 40~60%，而田間狀況下則較對照組減少 79~95%；而 Mo17 不論在離體培養或田間狀況下均較對照處理組減少 100% (圖 6，7)。上述的結果顯示不同自交系在授粉後細胞分裂期，對高溫的耐受性有程度上的差異存在，導致最後籽粒產量呈現減少的程度呈現不同。

台灣夏作在簡易溫網室種植玉米，中午溫度常大於 37℃以上，也常產生雄穗變小退化，雄穗分支數減少，花粉喪失活性，甚至雄穗整個白化乾枯現象，導致雌穗授粉成功的籽粒極少之現象(圖 8a-d)。因應高溫逆境的預防措施：(1)避開高溫期栽培。(2)在台灣夏作栽培之食用玉米應選用熱帶型品種爲宜。(3)應用玉米種源間對高溫逆境之耐熱性有程度上的差異存在，篩選較耐熱之品種。

低溫(Chilling stress)

1. 低溫對種子發芽之影響

在北美地區，早春(4 月初)播種 34 個不同的玉米自交系，研究其耐冷性(cold tolerance)，顯示自交系發芽率之變異介於 27.5~82.9%，發芽指數之變異介於 20~24 天，幼苗乾物重之變異介於 0.33~1.16 dg，不同的自交系其耐冷性有極大的遺傳變異存在(表 9)，其中 B73、[V3Xb14]-2-1 及 Mo17 具有較高的耐冷性(Mock and McNeill, 1979)。Hardacre and Eagles (1980)的試驗顯示不同的基因型在 13℃(極限低溫下)發芽存活率與淨乾物增重(net dry weight gain)有明顯的差異。

2. 低溫對植株幼苗期生長之影響

玉米處於 15℃以下之低溫，其地上部生長會受抑制(Verheul et al., 1996)，同時根乾重及幼苗根的分支數也會較高溫下來的少(Cutforth et al., 1986)，低於 10oC 玉米葉片產生寒害 (leaf necrosis)，植株的死亡率快速增加 (Janowiak and Markowski, 1994)。

張等 (1993)以 3 葉齡玉米幼苗進行 4℃處理二天，結果發現抗冷性較強的自交系其過氧化氫酶、過氧化物酶、超氧歧化酶活性增高。

Lee *et al* (2002)以 10 個自交系長至 7 葉齡玉米幼苗爲材料，進行冷處理(day15℃/night 3℃)，長至 8 葉齡期進行調查，結果顯示 CO_2 交換率 (CER)、葉片葉綠素含量、

光合作用PSII量子效率 (ΦPSII)、苗乾重等性狀均受影響，而根/地上部比值不受影響；不同的自交系間有明顯的遺傳變異存在(表10)。馬與馮 (1993)指出低溫對玉米PEPCase活性有明顯降低之作用，低溫時間越長，PEPCase 相對活性降低越大。

在 8 葉齡期可以 CO_2 交換率與葉片出現速率爲篩選耐冷性的生理指標，不同的自交系間有明顯的遺傳變異存在 (Lee et al ,2002)。 玉米自交系 B73、G50、B49、G84，在三種溫度下(30℃constant；14℃,constant，15℃, 16hr；8℃, 8hr)進行處理 ，結果顯示 B73 與 B49 比 G50、G84，在低溫下具有較高的地上部生長速率與較大之耐冷性，表示玉米幼苗的耐冷性因基因型而異(表 11)。

3. 低溫對植株雄穗分化期生長發育之影響

Tranel et al.(2009)指出在玉米雄穗分化發育生長期遭遇寒害，自交系間有明顯的差異。103RM 受到的影響較少。113RM 所受到的影響程度較大，在雄穗分支分化始期(branch meristem initation)遭遇寒害，其雄穗分支數減少 60%，小穗花減少 45%，花粉粒減少 43%；113RM 在雄穗小穗花分化始期(spikete meristem initiation)遭遇寒害，小穗花減少 42%，花粉粒減少 29%；在小孢子分裂形成期(meiosis of microsporogenesis) 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。

4. 選育耐低溫玉米品種的困難度與育種上須考慮的目標

玉米全生育期對低溫(0~12℃)都很敏感，在低溫逆境下，種子發芽率與生長勢下降，幼苗會引起生理作用(光合作用、生長速率……)降低，細胞膜滲透功能降低，植株初期顯示葉片凋萎、黃化退色，導致植株死亡。雄穗分化發育期遭遇低溫逆境，雄穗分支數、小穗花數、花粉粒數量減少或低分支上小穗花飽滿的花粉粒比率會減少。

目前(1)玉米各生育階段耐冷性雖有遺傳變異存在，但變異範圍小。(2)各階段生育期篩選指標性狀不同，性狀間之相關性不明。因此育種上須先從單一指標性狀篩選，再合併進行多指標性狀篩選，而耐低溫品種適應性育種須以增加產量與改善產量的穩定性爲最終目標 (Miedema, 1982)。

結 語 (Conclusion)

玉米屬旱地作物，種子發芽對浸水的反應相當敏感，種子的萌芽能力隨著浸水期間的延長而降低萌芽率。氧氣缺乏爲浸水下玉米萌芽降低的主要原因，採取的因應之法，(1)播種前注意氣象預測，避開下雨前播種。(2)選排水良好之田區併採作畦栽培方式，開排水溝排水。(3)以過氧化鈣(CaO_2)包裹種子改善明萌芽率。(4)選耐浸水品種，以發芽率的高低與發芽勢來篩選最爲適當。玉米生長發育期間以幼苗期對浸水溼害最

爲敏感，對籽粒產量影響也最大，減除溼害的措施，(1)儘可能設法迅速排除積水，於排水後補施肥料可以恢復部份玉米的生產力。(2)最根本的方法是由育種改良方法育成耐溼且高產之品種，在排水良好的地區栽培。

玉米生長及授粉後需要適量的水分供應細胞分裂與籽粒充實，若於此時發生缺水，其光合產物如蔗糖 (sucrose)與葡萄糖 (glucose) 會明顯減少，同時轉移至籽粒的量也會明顯減少，造成籽粒重、籽粒數和收穫指數都明顯減少。鑑定與選育抗(耐)旱(drought-resistance)新品種需要注意下列幾點：(1)鑑定選育材料---從當前推廣的高產品種(雜交種)及其親本品系中，較易篩選到高產的抗(耐)旱新品種；(2)鑑定、選育環境----抗旱鑑定在乾旱逆境中進行效果較好；抗旱鑑定指標---最適用形態指標爲株高、捲葉情形及頂葉乾枯情形；生理指標爲電導值及葉片保水力；產量因素指標是單株粒重；最適合的綜合指標是乾旱係數(drought coefficient)。

玉米起源於亞熱帶作物，發芽、生長及發育需要高的適當溫度。田間玉米在生長季節遭到幾天短暫幾小時熱浪來襲 (37~39℃)，葉片會產生日燒及其雄穗枯萎(tasselingblasting)，植株葉面積、株高與乾物質量均明顯減少，雄穗呈現延遲開花、發育速率降低、雌穗吐絲期同時延遲現象現象。因應高溫逆境的預防措施：(1)避開高溫期栽培。(2)在台灣夏作栽培之食用玉米應選用熱帶型品種爲宜。(3)應用玉米種源間對高溫逆境之耐熱性有程度上的差異存在，篩選較耐熱之品種。

當玉米處於低溫逆境時，對玉米的發芽與生長會產生一序列生理傷害，造成寒害產生。耐寒性育種的成果緩慢的原因在於(1) 耐寒性是一個非常複雜的性狀，(2)耐寒的性狀反應之遺傳變異小，(3)大多數耐冷性狀之遺傳機制及性狀間的相關性未明。目前耐寒性的育種僅能以增加產量與改善產量的穩定性爲主要目標進行選育。

玉米在雜種優勢得到廣泛利用後，對抗病基因篩選、株型改良、延長葉片保綠期與選育中晚熟品種將爲提高台灣玉米產量潛能的主要育種技術。今後台灣飼料玉米的育種應朝著耐密植、抗逆(耐浸水與耐旱)、廣適應、高產和適應機械化栽培管理爲新品種選育目標與方向。

引用文獻

王祝仙、朱德民、蔡秀隆。1995。濕害對玉米生長和產量的影響(六)幼苗種子到與不定根生長及代謝活性的比較。中華農藝 5：331-339。

朱德民、蔡秀隆。1992。浸水與玉米生長發育。中華農藝 2：43-56。

李秧秧。1993。鉀營養對玉米抗旱性的影響。華北農學報 8(4)：94-98。

吳柄奇、蔡秀隆、朱德民。1994。玉米對浸水的反應。中華農業氣象 1(4)：151-156。

高德錚。1984。玉米臺農 351 號耐水性之初步研究。台中區農業改良場研究彙報 08：75-80。

馬力耕、馮福生。1993。低溫和 NaCl 對玉米葉片離體 PEPCase 活性及其調節特性的影響。華北農學報 8(2)：54-58。

張敬賢、李俊明、崔四平、魏建坤。1993。低溫對玉米幼苗細胞保護脢活性及胞質質量參數的影響。華北農學報 8(3)：9-12。

陳世雄、楊策群、朱德民。1986。玉米在浸水狀況下發芽障礙之改進。農林學報 35(2)：111-118。

鄭美淑、朱德民。1988。水害對玉米生長和產量的影響Ⅰ.水害對玉米種子發芽的影響。中華農學會報新 141：7-18。

鄭美淑、朱德民。1995。水害對玉米生長和產量的影響(五)玉米幼苗反應。中華農藝 5：319-329。

蔡秀隆、吳柄奇、朱德民。1993。濕害對玉米生長和產量的影響(二)玉米對濕害敏感期的決定。中華農藝 3：251-257。

蔡秀隆、朱德民、吳柄奇。1993。濕害對玉米生長和產量的影響(三) 濕害對玉米植株供源與積儲的影響。中華農藝 3：259-269。

羅瑤年、劉玉敬、王忠孝等。1986。玉米種質資源苗期抗澇性的鑑定。作物品種資源 4：22-24。

劉曉忠、李建坤、王志霞、汪宗立。1995。澇漬逆境下玉米葉片超氧歧化脢和過氧化氫脢活性與抗澇性的關係。華北農學報 10(3)：29-32。

劉雅楠、曾孟潛。1995。十個玉米推廣種抗旱力的分析。華北農學報 10(1)：45-50。

Atkinson, B. G., M. Raizada, R. A. Bouchard, J. R. H. Frappier, and D. B. WaLden. 1993. The independent stage-specific expression of the 18-kDa heat shock protein genes during microsporogenesis in Zea mays L. Developmental Genetics 14:15-26.

Bunce, J. A. 2001. Leaf transpiration efficiency of some drought-resistant maize lines. Crop Sci. 50:1409-1413.

Chen, J., W. Xu, J. J. Burke, and Z. Xin. 2010. Role of phosphatidic acid in the temperature tolerance in maize. Crop Sci. 50:2506-2515.

Cheihk, N., and R. J. Jones. 1994. Disruption of maize kernel growth and development by heat stress. Role of cytokinins/abscisic acid balance. Plant Physiol. 106:45-51.

Cheihk, N., and R. J. Jones. 1995. Heat stress effects on sink activity of developing maize kernels. Physiol. Plant 95:59-66.

Cicchino, M., J. I. Rattalino Edreira, and M. E. Otegui. 2010a. Heat stress during late vegetative growth of maize:Effect on phenology and assessment of optimum temperature. Crop Sci. 50:1431-1437.

Cicchino, M., J. I. Rattalino Edreira, M. Uribelarrea, 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 devision in maize : A genotypic comparison under in vitro and field condition. Crop Sci. 41:1122-1130.

Crawford, R. M. M. 1977. Tolerance of anoxia and ethanil metabolism in germinating seeds. New Phytol.79:511-517.

Cutforth, H. W., C. F. Shaykewich, and C. M. Cho. 1986. Effect of soil water and temperature on corn (*Zea mzys* L.) root geowth during emergence. Can. J. Soil Sci. 66:51-58.

Dietrich, P. S., R. A. Bouchard, E. S. Casey, and R. M. Sinibaldi. 1991. Isolation and characterization of a small heat shock protein gene from maize. Plant Physiol. 96: 1268-1276.

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.

Hardacre, A. K., and H. A. Eagles. 1980. Comparisons among populations of maize for growth at 13 oC. Crop Sci. 20:780-784.

Janowiak, F., and A. Markowski. 1994. Change in leaf water relation and injuries in maize seedlings induced by different chilling conditions. J. Agron.Crop Sci. 172:19-28.

Jorge, N. S., L. M. Martinez, G. Ponce, Cassab, G. I., A. Alagon, R. B. Meeley, J. M. Ribaut, and r. Yang. 2002. Maize HSP101 plats important roles in both induced and basal thermotolerance and primary root growth. The Plant Cell14: 1621 -1633.

Lee,E. A., M. A. Staebler, and M. Tollenaar. 2002. Genetic variation in physiological discriminators for cold tolerance-early autotrophic phase of maize development. Crop Sci. 42:1919-1929.

Martin, B. A., S. F. Cerwick, and L. D. Reding. 1991. Physiological basis for inhibition of maize seed germination by flooding. Crop Sci. 31:1052-1057.

Miedema, P. 1982. The effects of low temperature on *Zea mays*. Adv. Agron. 35: 93-128.

Mock, J. J. and M. J. McNeill. 1979. Cold tolerance of maize inbred lines adapted to various latitudes in north America. Crop Sci.19:239-242.

Ribaut, J. M. ,D. A. Hoisington, J. A. Deutsch, C. Jiang, and D. Gonzalez-de-Lean. 1996.

Identification of quantitative trait loci under drought conditions in tropical maize. 1. Flowering parameters and the anthesis-silking interval. Theor.Appl. Genet. 92:905-914.

Setter, T. L., and R. Parra. 2010. Relationship of carbohydrate and abscisci acid level to kernel set in maize under postpollination water deficit. Crop Sci.50:980-988.

Tranel, D., A. Knapp, and A. Perdomo. 2009. Chilling effects during maize tassel development and the lack of compensational plasticity. Crop Sci. 49:1852-1858.

VanToai,T. T., N. R. Fausey, and M. B. McDonald. 1985. Alcohol dehydrogenase and pyruvate decarboxylase activites in flood-tolerant and susceptible corn seeds during flooding. Agron. J. 77:753-757.

Verheul, M. J., C. Picatto, and P. Stamp. 1996. Growth and development of maize (*Zea mays* l.) seedling under chilling conditions in the field. Eur. J. Agron.5:31-43.

Wenkert, W., N. R. Fausey, and H. D. Watters. 1981. Flooding responses in *Zea mays* L. Plant Soil. 62:351-366.

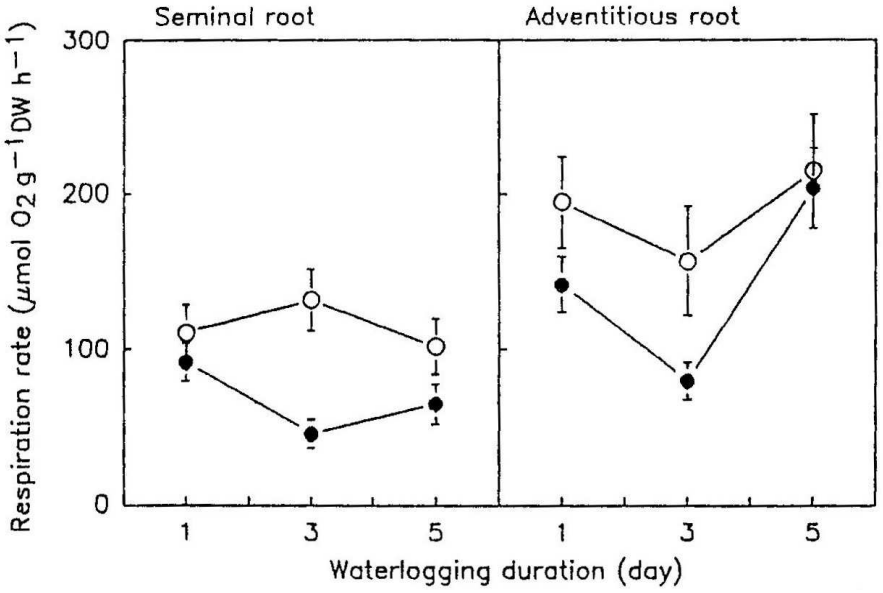


Fig. 1. Changes in respiration rates in roots of corn seedlings treated with waterlogging (Sep. 1991). (王等，1995)

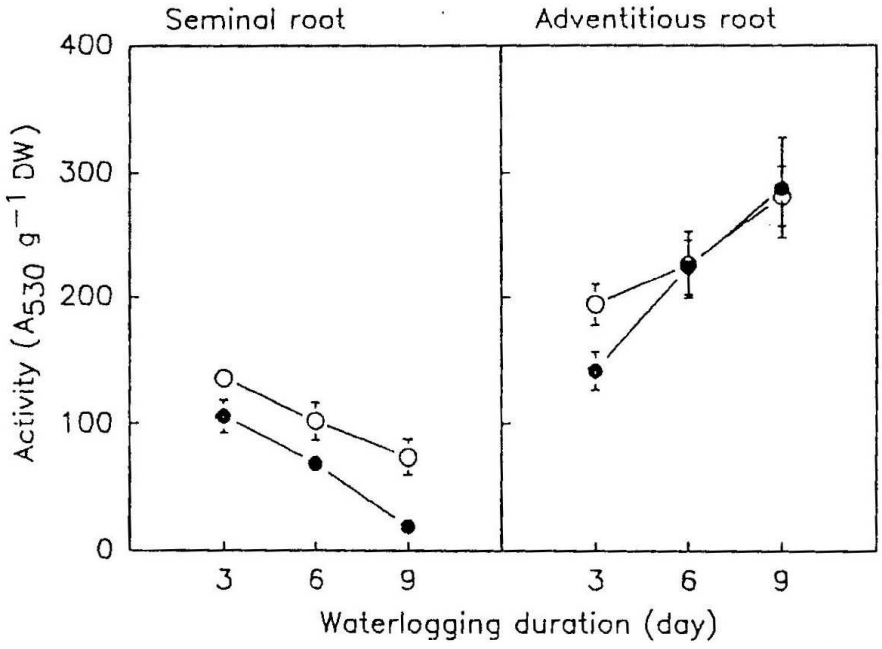


Fig. 2. Changes in root physiological activities of corn seedlings treated with waterlogging (Sep. 1989). (王等，1995)

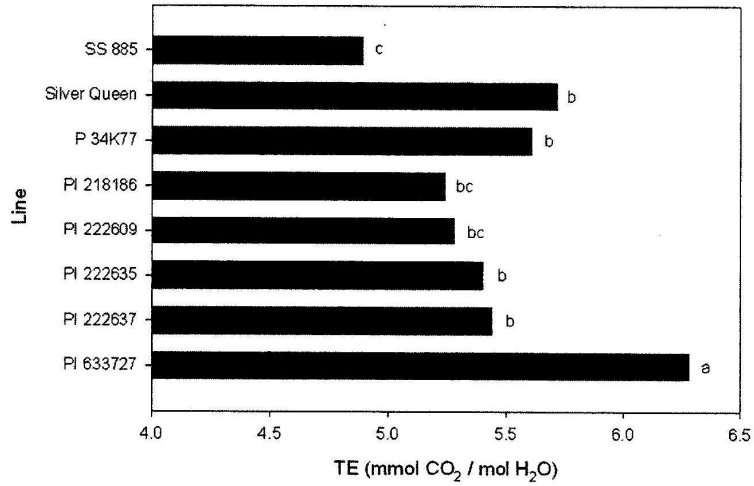


Fig. 3. Mean midday values of transpiration efficiency (TE) of eight lines of maize. Each value is a mean over six measurement dates in 2005 and 2006 made in Beltsville, MD. Values followed by different letters were significantly different at p=0.05, using Tukey's Honestly Significant Difference grouping. The line × date interaction term was not significant at p=0.05. A linear contrast between the five Pl lines that were reputedly drought resistant and the other three lines was not significant at p=0.05. (Bunce, 2010)

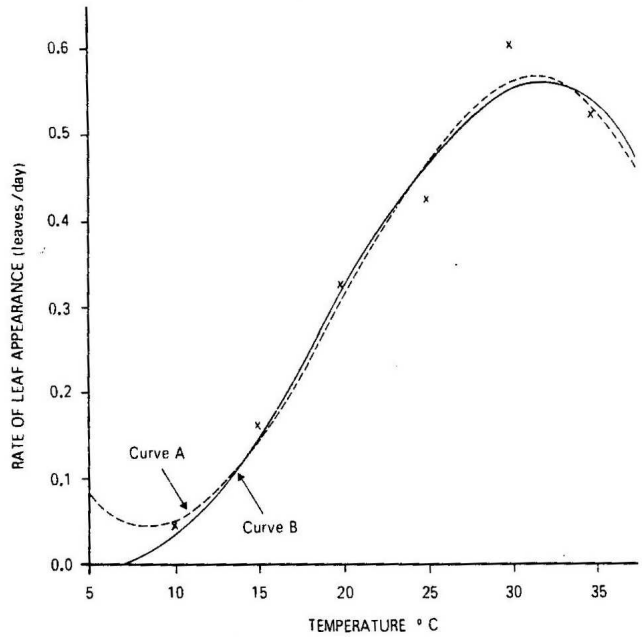


Fig. 4. Relationship between rate of leaf appearance and ambient temperature. Crosses indicate mean rate of leaf appearance at five constant temperatures (standard deviation = 0.043 leaves/day). Curve A is polynomial equation of best fit to data. Curve B is alternate polynomial in which Y = 0 when X = 6. Equation of Curve A is $Y = 0.2834-0.0639T + 0.0049T^2 - 0.0000823T^3$. Equation of Curve B is $Y = 0.0997 - 0.0360T + 0.00362T^2 - 0.0000639T^3$. (Tollenaar et al., 1979)

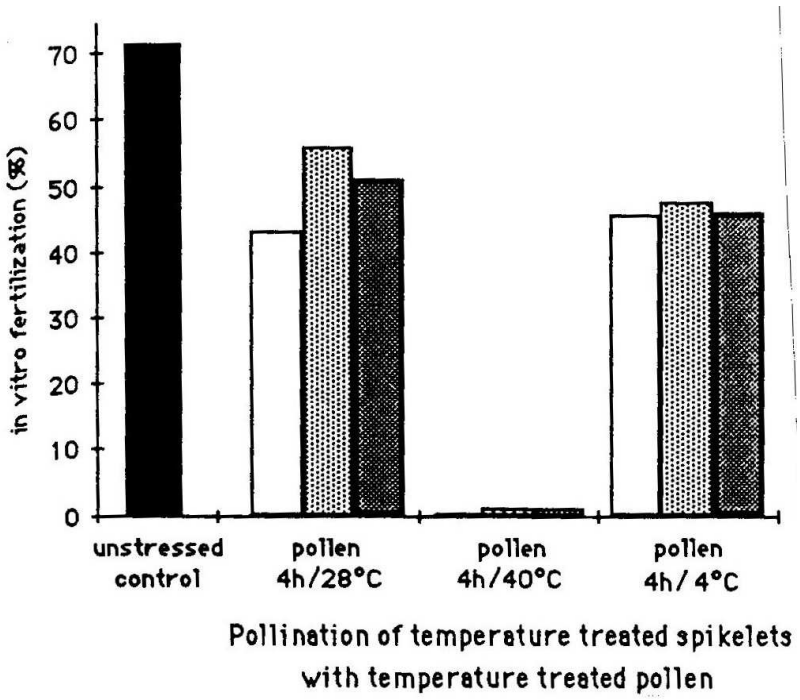


Fig. 5. Influence of temperature treatments on separated male and female reproductive tissues on in vitro fertilization. Female spikelets were pretreated 4 h at 28℃ (□), 40℃ (▒), or 4℃ (▓) prior to pollination with pollen also pretreated 4 h at 28, 40, or 4℃. All the possible combinated pollinations were carried out. For unstressed control, the pollination was repeated with untreated male and female organs as described in "Materials and Methods." (Dupis and Dumas, 1990)

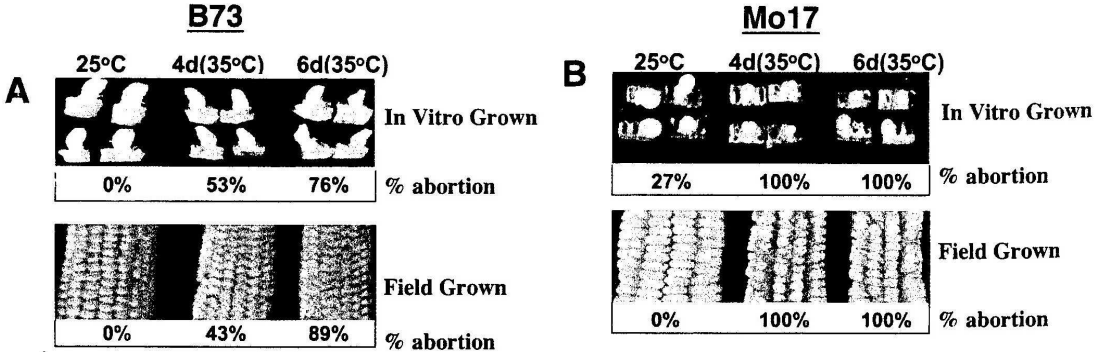


Fig. 6. High temperature-induced (35℃) changes in the growth of B73 (panel A) and Mo17 (panel B). Pictures were taken at 34 d after pollination (DAP) for in vitro-grown kernels. For field-grown kernels, pictures were taken at 28 DAP for B73, and at 24 DAP for Mo17. The numbers in the boxes show percentage abortion of kernels in each treatment. (Commuri and Jones, 2001)

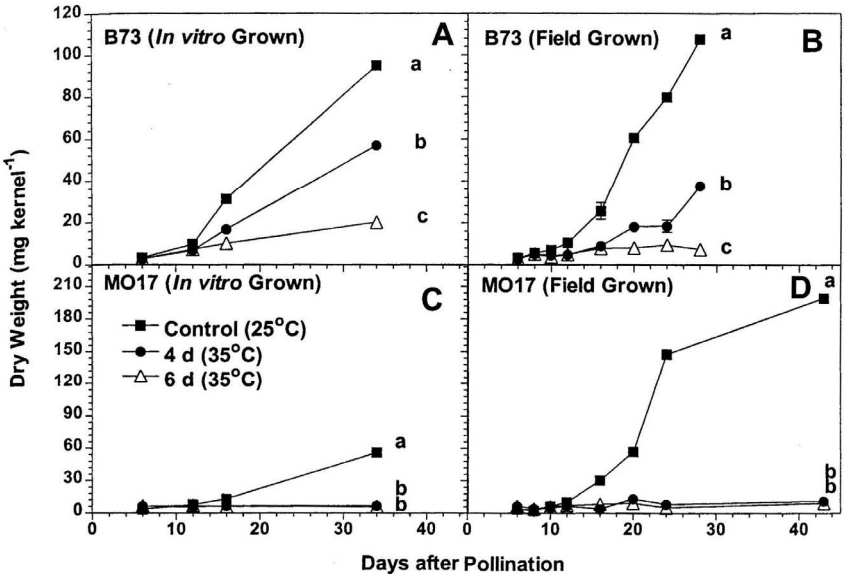


Fig. 7. High temperature-induced (35℃) changes in the dry weight accumulation patterns of B73 (A, B) and Mo17 (C, D) kernels grown either in vitro (A, C) or under field conditions (B, D). Data are means ± SE of three replications. Data points followed by the same letter do not differ significantly at P ≦ 0.01 level. (Commuri and Jones, 2001)



圖 8-a・在熱逆境下，玉米雄穗分支萎縮退化情形

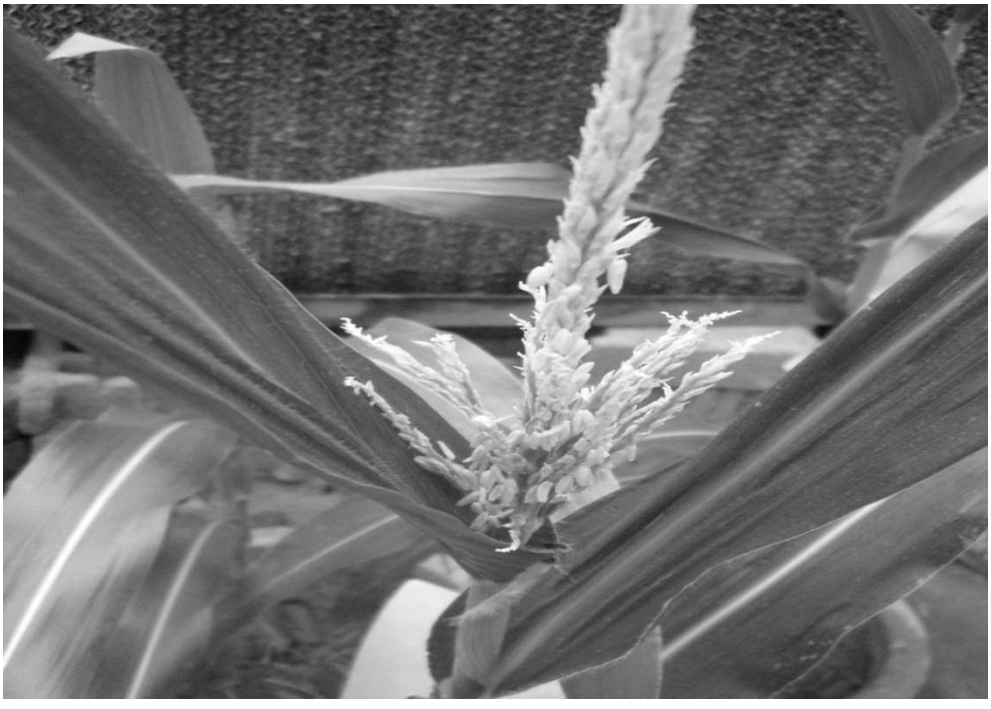


圖 8-b・在熱逆境下，玉米雄穗分支減少及退化情形



圖 8-c・在熱逆境下，玉米雄穗乾枯竭情形



圖 8-d・ 在熱逆境下，玉米雌穗著粒減少的現象

表 1. 浸水時期長短對玉米種子發芽的影響

Table 1. Effect of duration of flooding on seed germination (Germination. Temperature: 30/25℃)

品種 Cultivars	浸水時間 Flooding duration	發芽率 Germination percentage	發芽勢 Germination vigor	平均發芽日數 Mean days of germination	發芽係數 Germination coefficient	乾重 Dry weight
	hr	%	%	day		mg
TN351	Control	98.33a*	98.33a	3.14a	0.314a	74.67
	6	56.67b	25.00b	5.54c	0.103b	77.33
	12	30.00c	0.00c	8.16a	0.037c	46.67
	24	16.67cd	1.67c	7.08b	0.024c	20.00
	48	8.33cd	0.00c	7.38b	0.011c	0.00
	72	0.00	0.00	—	0.000	0.00
TN 5	Control	98.33a	93.33a	3.11c	0.301a	74.00
	6	65.00b	28.33b	5.75b	0.114b	78.00
	12	26.67c	6.67c	7.39a	0.038c	73.33
	24	8.33d	0.00c	7.67c	0.011cd	25.33
	48	5.00d	0.00c	8.00a	0.006d	0.00
	72	0.00d	0.00c	—	0.000d	0.00

*鄧肯氏的變域試驗(P<0.05)

Duncan's multiple range test at 5% level.

(鄭和朱, 1988)

表 2.飼料玉米台農 351 在不同生育期浸水 5 天處理後，供源與積儲性狀之表現

Table 2. Effect of 5-day waterlogging treatment executed at various growth on the source and sink characteristics of corn cultivar Tainung 351 (pot experiment, fall crop of 1990)

浸水時期	供源 Source			積儲 Sink			果穗
Waterlogging stage	葉面積 LAI	葉片持續期 LAD	作物生長速率 CGR	粒數 Kernel number	籽粒充實速率 KFR	有效充實期 KEFD	產量 Ear yield
	m2pl-1	m2day pl-1	pl-1day-1		pl-1day-1	days	g pl-1
Control	0.545	10.05	1.08	391	3.32	24.6	101.86
V1	0.489	9.32	1.47	366	3.00	25.4	94.40
V3	0.397	7.78	0.82	350	3.00	22.7	85.96
V5	0.396	8.37	1.14	304	2.93	23.4	84.47
V8	0.458	10.96	1.50	325	2.90	24.4	87.46
LSD.05	0.134	1.58	0.24	36	0.38	1.6	12.33

LA was determined at 12 days after silking.

LA: Leaf area. LAD: Leaf area duration. CGR: Crop growth rate. KEFD: Kernel effective filling duration.

V1: First leaf stage. V3: Third leaf stage. V5: Fifth leaf stage. V8: Eighth leaf stage.

(蔡等，1993)

表 3. 台農 351 在齊膝期與抽穗期浸水對產量與產量組成因子之效應

Table 3. Effect of waterlogging at knee-high and tasselling stages on yield and its components of corn cv. Tainung 351.

期作 Croopping season	生育期 Growth stage	浸水日數 Waterlogging duration (day)	籽粒產量 Kernel yield (kg plot-1)	單株粒重 Kernel weight per ear (g)	單株粒數 Kernel no. per ear
Fall crop (1984)	齊膝期 Knee-high	Control	8.21a	171.7a	619a
		3	6.96b	145.0b	558b
		5	5.60c	116.9c	488c
	抽穗期 Tasselling	Control	8.27a	172.3a	640a
		3	7.27b	151.4b	609a
		5	6.33c	131.9c	506b
Spring crop (1985)	Knee-high	Control	8.29a	172.7a	669a
		3	5.55b	115.7b	527b
		5	5.53b	109.9b	505b
	Tasselling	Control	8.51a	177.4a	696a
		3	5.84b	121.8b	556b
		5	6.24b	180.1b	579b

Values followed by the same letter in each colum for he same growth stage are not significantly different at 0.05level LSD.

(吳等，1994)

表 4. 浸水 5 天對不同品種單株籽粒重與籽粒數之影響

Table 4. The yield products of varieties in five days waterlogging.

品種 Varieties	籽粒重 Kernel weight			籽粒數 Kernel number		
	CK	Waterlogging	%	CK	Waterlogging	%
Huang zaosi	31.7	15.1**	47.6	165.4	82.8**	50.1
Su-80-1	35.7	24.0**	67.2	174.4	127.3*	73.0
Suyu 1.	78.2	61.8*	79.0	297.2	244.7	82.3

(劉等，1995)

Table 5. 玉米不同雜交種其灌水區與旱區產量的乾旱係數 (1992)

Table5. The yield drought coefficient in water and drought trial (1992)

雜交種 Hybrides	灌水區產量 Water yield (kg/640m2)	旱區產量 Drought yield (kg/640m2)	乾旱係數 Drought coefficient
沈單 7 號	432	333	22.9
農大 60	463	412	11.0
掖單 4 號	461	421	8.7
科單 105	447	382	14.5
遺長 101	392	383	2.3
科單 205	386	340	11.9
京單 841	367	291	20.7
煙單 14	323	270	16.4
中單 120	279	208	25.4
京旱 8 號	273	260	4.8
平均	382	330	14.2

(劉與曾，1995)

Table 6. 玉米雜交種的經濟學產量水分利用率 (1992)

Table 6. The water use efficiency for economic yield of hybrids corn(1992)

雜交種 Hybrides	籽粒產量 Kernel yield (kg/640m2)		水分利用率 Water use efficiency (Kernel kg/ton water)	
	灌水區 Water	旱區 Drought	灌水區 Water	旱區 Drought
沈單 7 號	432.0	333.0	1.37	1.36
農大 60	463.0	412.0	1.44	1.64
掖單 4 號	461.0	421.0	1.42	1.69
科單 105	447.0	382.0	1.39	1.52
遺長 101	392.0	383.0	1.23	1.55
科單 205	386.0	340.0	1.16	1.32
京單 841	367.0	291.0	1.13	1.17
煙單 14	323.0	270.0	1.00	1.07
中單 120	279.0	208.0	1.02	0.84
京旱 8 號	273.0	260.0	0.85	1.04
平均	382.3	330.0	1.20	1.32

(劉與曾，1995)

Table 5. 玉米不同雜交種其灌水區與旱區產量的乾旱係數 (1992)

Table5. The yield drought coefficient in water and drought trial (1992)

雜交種 Hybrides	灌水區產量 Water yield (kg/640m2)	旱區產量 Drought yield (kg/640m2)	乾旱係數 Drought coefficient
沈單 7 號	432	333	22.9
農大 60	463	412	11.0
掖單 4 號	461	421	8.7
科單 105	447	382	14.5
遺長 101	392	383	2.3
科單 205	386	340	11.9
京單 841	367	291	20.7
煙單 14	323	270	16.4
中單 120	279	208	25.4
京旱 8 號	273	260	4.8
平均	382	330	14.2

(劉與曾，1995)

Table 6. 玉米雜交種的經濟學產量水分利用率 (1992)

Table 6. The water use efficiency for economic yield of hybrids corn(1992)

雜交種 Hybrides	籽粒產量 Kernel yield (kg/640m2)		水分利用率 Water use efficiency (Kernel kg/ton water)	
	灌水區 Water	旱區 Drought	灌水區 Water	旱區 Drought
沈單 7 號	432.0	333.0	1.37	1.36
農大 60	463.0	412.0	1.44	1.64
掖單 4 號	461.0	421.0	1.42	1.69
科單 105	447.0	382.0	1.39	1.52
遺長 101	392.0	383.0	1.23	1.55
科單 205	386.0	340.0	1.16	1.32
京單 841	367.0	291.0	1.13	1.17
煙單 14	323.0	270.0	1.00	1.07
中單 120	279.0	208.0	1.02	0.84
京旱 8 號	273.0	260.0	0.85	1.04
平均	382.3	330.0	1.20	1.32

(劉與曾，1995)

表 7. 在 11 葉齡至吐絲期後 15 天進行溫度處理下，對株高與葉面積之影響

Table 7. Maximum light interception efficiency (ei) and increase in plant height and plant leaf area from V11 to R2(of plots subjected to contrasting temperature regimes before anthesis (GS1) in two experiments (Exp. 1 and Exp. 2).

試驗 溫度處理		增值 Increase in	
Experiments and temperature regime	Maximum ei	葉面積 Leaf area	株高 Plant height
		(cm^2)	(cm)
Exp. 1			
Control	0.91	5278	182
Heated	0.93	4833	157
Exp. 2			
Control	0.91	4911	164
Heated	0.93	4511	117
Temperature effect	ns	0.02	0.009

†ns, not significant (p>0.10)

‡p values of main and interaction effects

(Cicchino et al. 2010)

表 8. 玉米在 GS1 期(11 葉齡＋11 天)溫度處理對植株及果穗生長速率,單株籽粒產量,收穫指數與單株粒數之影響

Table 8. Plant (PGRCP) and ear (EGRCP) growth rates during the critical period, plant grain yield (PGY), harvest index (HI), and kernel number per plant (KNP) for GS1 treatment periods and two experiments (Exp. 1 and Exp. 2).

處理變因	GS1(11 葉齡＋11 天)				
Experiments and temperature regime	植株生長速率 PGR	果穗生長速率 EGR	單株粒重 PGY	收穫指數 HI	單株粒數 KNP
	—g plant-1d-1 —		-g plant-1 -		No.
Exp. 1					
Control	3.90	0.86	113	0.478	490
Heated	1.06	0.26	56	0.352	236
Exp. 2					
Control	4.21	1.30	139	0.533	478
Heated	0.92	0.49	49	0.343	188
Temperature effect	0.0001	0.0003	0.0002	0.0005	0.002

†ANOVA performed on data transformed to arcsin.

‡ns, not significant (p>0.10).

§p values of main and interaction effects.

(Cicchino et al. 2010)

表 9. 三十四個玉米自交系在早春冷涼環境下發芽性狀之表現

Table 9. Rank-summation-index values and means of cold-tolerance traits for 34 maize inbreds planted in early April at two locations in Iowa in 1974 and 1976.

自交系 Inbred	來源 Origin	指數值 Index value	萌芽率 Emergence	萌芽指數 Emergence index	苗乾重 Seedling dry weight
			%	Days	dg
B73	Iowa	11.0	80.4	21.1	1.08
(V3×B14)-2-1	Iowa	125.	71.1	20.0	1.15
Mo7	Missouri	13.5	80.8	21.4	1.16
H98	Indiana	20.5	72.5	21.6	1.07
Pa351	Pennsylvania	24.5	76.7	20.4	0.79
Pa70	Pennsylvania	25.0	82.9	21.3	0.85
Oh40B	Ohio	26.0	71.1	22.4	1.15
Ky30A	Kentucky	32.5	60.8	21.8	1.07
MS141	Michigan	35.5	72.5	22.6	0.93
E2891-1	Indiana	36.0	70.0	23.6	0.82
MS93	Michigan	41.0	75.4	22.2	0.72
Va35	Virginia	41.0	67.5	23.0	1.08
K731	Kansas	41.5	64.2	22.0	0.85
N132	Nebraska	47.5	60.8	21.9	0.83
Mo17	Missouri	49.0	60.4	22.4	0.92
Mp1	Mississippi	51.5	70.8	22.3	0.61
N160	Nebraska	53.5	65.0	22.7	0.75
NY693	New York	53.5	53.8	22.0	0.76
CG10	Guelph, Ontario	54.0	52.9	21.2	0.70
A340	Minnesota	55.5	54.2	23.0	1.00
Oh43	Ohio	58.5	56.9	23.5	1.06
Oh26	Ohio	59.0	44.5	22.4	0.88
A334	Minnesota	61.5	61.2	22.3	0.63
F6	Folrida	61.5	70.0	23.6	0.82
Pa405	Pennsylvania	69.5	52.1	23.7	0.94
Mo13	Missouri	74.0	62.1	23.3	0.65
Va28	Virginia	75.5	56.7	23.1	0.58
B57	Iowa	76.0	41.8	23.2	0.81
WF9	Indiana	78.5	33.8	23.0	0.68
Mp317	Mississippi	78.5	55.4	23.2	0.61
A502	Minnesota	90.0	50.4	23.5	0.48
N139	Nebraska	91.0	42.1	24.0	0.57
Mp305	Mississippi	92.5	27.5	23.1	0.33
K41	Kansas	94.0	31.2	23.6	0.57
Means			60.3	22.4	0.83

(Mock and McNeill, 1979)

表 10. 玉米在 7~8 葉齡進行冷處理下對光合作用生理性狀之影響

Table 10. Spilt-plot analysis of variance for CER, SPAD value, ΦPSII, stomatal conducance, DW, root/shoot ration, days from 7- to 8-Leaf Stage and days from planting of 7-Leaf stage.

變因 Source	自由度 df	MSE					
		CO2 交換率 CER	捕獲光子量 SPAD	光合動量 ΦPSII	氣孔傳導度 Leaf conductance	乾重 DW	根/地上部 Root/shoot
Replication	7	81.68	42.16**	0.01	2.97×10-3	11.64**	0.07
Treatment	1	16649.05**	7272.65**	10.09**	0.33**	3.53*	0.02
Error A	7	30.55	4.24	0.02		0.61	0.02
Genotype	48	53.73**	93.19**	1.49×10-2**	1.81x10-3*	11.00**	0.14
Treatment ×Genotype	48	11.50**	19.85**	4.30×10-3**	6.56x10-4	0.22	6.50x10-3**
Error B	666	5.39	5.52	1.68	4.31x10-4	0.3	3.90x10-3

*Indicates significance at P=0.05

**Indicates significance at P=0.01

ns, nonsignificant

(Lee et al.,2002)

表 11. 不同的溫度處理下對四種玉米自交系生長速率之影響

Table 11. Growth Rates of Four Corn Inbreds Grown at Different Temperature Regimes

生長溫度 Growth Temperature	自交系乾重 Dry Weight of Inbred (20plants)			
	B73	B49	G50	G84
℃	mg seedling-1d-1			
30℃ (constant)	7.4	5.8	6.3	5.9
14℃ (constant)	2.2 (30)	1.9 (33)	1.6 (25)	1.4 (24)
16 h at 15℃/8 h at 8℃	1.9 (26)	1.8 (31)	1.3 (21)	1.1 (19)
16 h at 13℃/8 h at 4℃	1.3 (18)	1.2 (21)	0.9 (14)	0.6 (10)
LSD = 0.05	0.62	0.18	0.46	0.26

Numbers in parentheses represent growth rates as a percent of the rate at 30℃. Values represent mean dry weights of 20 seedlings.

(Stewart et al., 1990)

Effects of stress on the growth responses of corn and related operations in breeding and cultures

Guang-Jauh Shieh

Crop Science Division, TARI, E-mail：x486045@tari.gov.tw

Abstract

Maize (*Zea mays*) originates from subtropical regions and often cultivates in upland field. The experimental results indicated that the emergence of corn seed was highly susceptible to flooding, and more damages occurred as flooding period increased. This may be due to deficient of oxygen in the flooding. Generally, the most sensitive stages at which were inflicted by flooding resulted in the reduced grain yield was the early growth stage (V3-V5 stages). That the root growth, physiological activity, respiration, shoot growth, PEP carboxylase activity, chlorophyll content and grain yield decreased in the flooding than those of the non- flooding. The best solution is to select the tolerant cultivars for waterlogging condition and cultures in the well-drained field in the rainy season. When drought stress occured just before or during the flowering period, the decreases in the sucrose and glucose content, with transport of assimilates to kernel would decrease, and the kernel weight, kernel number per plant, heave index and the grain yield significantly decreased. Maize had significantly genotypic variation in drought resistance or tolerant traits. The drought coefficient for yield and yield of per plant were the critical traits for drought tolerance in the breeding program. The maize was used to high optimum temperature needed for germination and growth, and belonged to the thermophilic plant species. Heat stress (37-39 ^{o}C) during late vegetative growth and the silking-pollination periods had severely negative effects on the plant height, leaf area per plant, plant dry weight and growth rate. It also delayed the anthesis and silking, with increasing the length of anthesis-silking interval of maize in heat stress. Heat waves during growing season caused leaf firing in developing leaves and tasseling blasting. When high temperature occurred during endosperm cell division would reduce the sets of kernel and grain yield of maize. The precautions of high temperature stress are (1) avoiding to plant corn in the high temperature season. (2) It is appropriate to plant the tropical-type varieties of green corn under high temperature season. (3) To

select tolerant varieties to high temperature stress from germplasm in the breeding program. When Maize was in low temperature stress, it might cause various type of physiological damage (chilling injury). Low temperature stress reduced the shoot growth, root dry weight, root number, and it also reduced the respiration rate, CO_2 exchange rate, PEP carboxylase activity, chlorophyll content. The leaf necrosis was also found in chlilly injury and the tassel size, branches number, spikelet and pollen grain per tessel decreased in chilling stress. The objectives of breeding for low-temperature adaptation will focus on (1) to increase yield and (2) to improve yield stability, and gene combination from the hybridization of different anti-stresses will be largely used. After heterosis was extensively gotten, disease-resistance gene selection, plant type improvement, green-keeping and middle-late maturing have become the main directions to develop the breeding techniques of increasing maize yield potential. In the future, the breeding program of field-maize varieties will focus on tolerance to high planting density, stress resistance, high adaptability to environment, high yield and adaptability for mechanized operation.