

玉米對溫度與光週期之生長反應¹

王強生 王碧玉 劉大江²

摘要：以玉米單雜交品種臺農351號與其母本 TA80-2598及父本TA80-1410 為材料，於生長箱中五種光期與溫度組合條件下栽培，並於3、7、9及12月室外盆栽，探討溫度與光期對葉原體分化速率、葉齡及生育日數的影響。高溫（33/25 °C）狀況較長光期（14 hr）之玉米雄穗分化始期葉齡較短光期（12 hr）處理為高，但對葉原體數目並無影響，最終葉數則因品種（系）而有異；較長光期又使母本自出土至幼穗分化始期、抽穗及開花之日數延長，唯對父本及雜交種之作用不明顯或有縮短的趨勢。同一光期（12 hr）而溫度由 23/15°C 或 18/10 °C 時，雄穗分化始期葉齡及葉原體數目減小，最終葉數相近，出葉速率亦呈降低趨向，而植株發育至雄穗分化始期所需日數漸增；比較 33/25 與 28/20 °C 溫度處理結果，母本及雜交種植株自出土至抽穗、開花與吐絲所需日數差異並不明顯，或反以前者為高，可能為品種特性或過高之溫度並不能顯示溫度累積效應，此一推論可由室外盆栽試驗7月（較高溫）及9月（較低溫）播種處理之類似結果得到佐證。田間與生長箱高溫狀況下，玉米植株在雄穗分化始期（葉齡為10）以前之出葉速率多高於分化始期以後之出葉速率，顯示營養生長期與生殖生長期具有不同的生育特性，對環境因子的反應也具有程度上的差異。室外試驗與生長箱試驗結果相互吻合，並認為臺中地區栽培玉米之生長受溫度的影響較光期為大；於7至9月間播種時，植株葉數多，出葉速率快，營養生長量充足而生育期不致太長，應為適宜之栽培時期。

玉米臺農 351 號為目前國內主要栽培品種之一，其父本 TA80-1410 屬溫帶型馬齒種，母本 TA80-2598 為熱帶型硬粒種⁽¹⁾；此二自交系於民國 72 年秋作栽培時，曾發生父本抽穗期與母本吐絲期配合欠佳，導致生產雜交種子困難，而當年春作則無此現象發生，推測應為環境因子影響的結果。又由74年秋作臺農351號玉米全省栽培試驗資料⁽¹⁷⁾顯示，就同地區而言一，播種期愈晚，植株發育至抽穗、吐絲及成熟期所需日數愈長，且差異極為明顯，亦證明本省環境因子對經濟栽培玉米具有顯著的作用。

溫度與光週期為影響玉米植株生長及分化的兩項重要因子，Francis et al.^(9,10)、Garner and Allard⁽¹¹⁾ 與 McClelland⁽¹⁸⁾ 指出玉米對光期敏感，呈短日反應；Breuer et al.⁽⁶⁾ 與 Francis et al.⁽¹⁰⁾ 報告在長日條件下，玉米雄穗分化始期 (tassel initiation) 及開花期 (anthesis) 有延遲現象。另一方面，溫度可能影響玉米之光期反應⁽¹⁹⁾，Russel and Stuber⁽²⁰⁾ 即曾報告愈晚熟品種在長日處理下的葉數愈多，抽穗期亦愈遲，但此種現象又隨溫度之升高而漸不明顯；Hunter et al.^(14, 15) 指出低溫及長日條件下，玉米雄穗分化始期延後，高溫則可增加葉數；Tollenaar and Hunter⁽²³⁾ 認為延長光期及升高溫度均可增加葉數，且二者有加成效果。Warrington and Kanemasu^(24, 25, 26) 並曾進行系列試驗，將溫度與光期對玉米發芽、雄穗分化始期、開花期、葉數及出葉速率的影響

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1431 號。本試驗承行政院農業委員會補助 (74農建—2.2—糧—27—6)，謹致謝意。

2. 分別為本所農藝系助理研究員、約僱技術員與研究員。臺灣省臺中縣霧峰鄉。

做定量描述，發現其影響並非簡單直線關係，而係以多次曲線關係存在。

綜合上述研究結果，可知溫度與光期確實影響玉米生長；依據農民曆記載，臺灣地區全年日長介於 10.5 至 14.5 小時之間，而玉米營養生長期間之日長差異更小；又依據中央氣象局農業旬報資料，72 年 8 月上旬至 12 月下旬，各地平均溫差高達 15° C，因此臺灣地區溫度影響玉米生長與分化之效應是否高於光期，為一項值得探討的問題。本試驗以玉米臺農 351 號及其父、母本為材料，探討對溫度與光期的生長反應，所得資料配合相關栽培試驗結果，應可對本省玉米採種與生產工作提供學理與應用之依據。

材料與方法

試驗採用玉米單雜交品種臺農 351 號 (Tainung 351) 及其父本 TA80-1410 與母本 TA80-2598 為材料，於民國 73 年 12 月至 74 年 12 月利用植物生長箱 (Convion PGW-36, Controlled Environments, Ltd., Canada) 及於室外以盆栽方式進行試驗。生長箱試驗包括 14 hr 光期與溫度 (日/夜) 33/25 °C 一處理，及 12 hr 光期與溫度 33/25、23/20、23/15 及 18/10 °C 四處理，光度為 400 μ E/m²/sec，相對濕度為 85%。室外盆栽試驗係於 73 年 12 月 12 日、74 年 3 月 22 日、7 月 1 日及 9 月 5 日播種。

播種時採用 18.5 l (直徑 28cm，高 30cm，約合 1/2,000 a) 之圓形栽培鉢，每鉢 4 穴，每穴 2 粒種子，出土後每穴留一株。每處理種植 25 鉢，生長箱內置 15 鉢，其餘供室外試驗用。肥料用量為每一植鉢 N : K₂O : P₂O₅ = 1.50 : 0.75 : 0.70 g，分三次施用，並予適量灌溉。

性狀調查係自幼苗出土後至雄穗抽出之間進行，以每株為一重複，每次至少調查 6 株。調查之性狀包括：

1. 葉齡：依葉片展開程度分為 n、n+0.25、n+0.5 與 n+0.75 四階段^(13,21)，每隔 1—2 日調查一次。

2. 雄穗分化始期：依據 Bonnett⁽⁵⁾ 與 Warrington and Kanemasu⁽²⁴⁾ 之標準，解剖觀察雄穗分化始期，並計算此時之葉原體數目⁽²³⁾；解剖調查係自第 7 葉齡開始，每隔 1—2 日進行一次，每次自不同植株選取一株，合計 6 株以上予以調查，雄穗分化始期以後，每鉢均僅留 2 株繼續栽培。

3. 雄穗抽出期、開花期及吐絲期：自幼苗出土起計算所需日數。

4. 最終葉數：於雄穗抽出後計算總葉數。

5. 出葉速率：分為幼苗出土至雄穗分化始期及至雄穗抽出期兩個階段，計算平均每日出葉數目^(15,21,22)。

結果與討論

試驗進行期間室外之溫度、日照時數及日長等氣象資料列於表 1；平均日長以 6 月之 13.6 hr 最長，12 月之 10.6 hr 最短，差距為 3 hr；如以一般玉米栽培季節而言，春作營養生長期 (3—6 月) 日長為 12.0—13.3 hr，秋作 (9—10 月) 為 11.1—12.3 hr，差異更小。月平均溫度 7 月為 28.2 °C，1 月為 16.2 °C，差距達 12 °C；玉米春作營養生長期間為 18.5—26.7 °C，秋作為 25.5—27.0 °C，以前者初期之溫度較低。基於歷年溫度與日長資料，本試驗各處理較著重溫度變化之效應。

於室外盆栽臺農 351 號及其父本 TA80-1410 與母本 TA80-2598，四個播種期之雄穗分化始期葉齡均以 12 月播種者最大，為 9.75—10.38，3 月播種者最小，介於 8.50—8.71 (表 2)，7 及 9 月播種者差異較不明顯，顯示播種後生育初期氣溫愈低，植株發育至雄穗分化始期時之葉齡愈大。

經由解剖觀察雄穗分化始期之葉原體數目 (表 2)，有 7 及 9 月播種者較多、而 12 月播種者較少的趨勢，顯示播種後溫度較高則葉原體數目亦多，與 Hunter et al.⁽¹⁵⁾ 及 Tollenaar and Hunter⁽²³⁾ 之結果相符；唯三品種 (系) 的表現仍具程度性差別，以臺農 351 號品種的差異較為明顯。在植株最

Table 1. Monthly mean temperature, sunshine duration and day-length at Wufeng (Taichung) area from Sept., 1984 to Dec., 1985*

Item	1984				1985			
	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Temperature (C)								
Mean	27.2	25.5	22.5	17.9	16.2	18.4	18.5	22.0
Maximum	33.2	32.7	29.9	25.7	22.7	22.9	26.1	29.6
Minimum	23.1	19.5	16.0	11.3	10.3	15.1	15.3	17.7
Sunshine								
Duration (hr)	7.9	7.7	6.0	5.4	6.9	3.7	6.9	6.7
Day-length (hr)					10.8	11.4	12.0	12.7
	1985							
	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Temperature (C)								
Mean	26.7	27.0	28.2	27.8	27.0	25.5	21.3	16.8
Maximum	32.3	32.0	33.5	34.0	32.0	30.4	28.1	25.9
Minimum	22.7	23.5	24.3	23.7	22.9	21.2	16.0	8.8
Sunshine								
Duration (hr)	8.9	4.4	6.7	6.7	8.3	8.3	7.9	7.6
Day-length (hr)	13.3	13.6	13.5	13.0	12.3	11.1	11.0	10.5

* Temperature and sunshine duration data are from Agrometeorological Bulletin of Central Weather Bureau, ROC; day-length data are from Taiwan Provincial Food Bureau.

Table 2. Leaf number at tassel initiation (T. I.) of corn inbreds TA80-2598 and TA80-1410 and their F-1 hybrid Tainung 351 grown under natural conditions

Inbred/Hybrid	Sowing Date (Mon/Day/Yr)	Emerged Leaf No. at T. I. (A)	Leaf No. Counted at T. I. *(B)	Final Leaf No. (C)	A/B	B/C
TA80-2598	3/22/85	8.50 ^{c**}	17.8 ^b	18.2 ^b	0.477 ^c	0.98 ^b
	7/ 1/85	9.50 ^b	18.1 ^{a,b}	19.5 ^a	0.525 ^b	0.92 ^c
	9/ 5/85	9.36 ^c	19.3 ^a	19.8 ^a	0.485 ^c	0.97 ^b
	12/12/84	10.38 ^a	17.5 ^b	17.0 ^c	0.593 ^a	1.03 ^a
TA80-1410	3/22/85	8.77 ^c	18.3 ^{a,b}	19.7 ^a	0.503 ^b	0.93 ^b
	7/ 1/85	9.43 ^b	18.4 ^{a,b}	18.0 ^b	0.513 ^b	1.02 ^a
	9/ 5/85	9.28 ^{b,c}	18.9 ^a	18.5 ^b	0.491 ^b	1.02 ^a
	12/12/84	9.75 ^a	17.7 ^b	18.0 ^b	0.551 ^a	0.98 ^b
Tainung 351	3/22/85	8.71 ^c	18.3 ^{b,c}	19.2 ^a	0.476 ^c	0.95 ^a
	7/ 1/85	9.54 ^b	18.8 ^{a,b}	19.8 ^a	0.507 ^b	0.94 ^a
	9/ 5/85	9.34 ^b	20.0 ^a	20.2 ^a	0.467 ^c	1.00 ^a
	12/12/84	10.33 ^a	17.3 ^c	18.0 ^b	0.597 ^a	0.96 ^a

* Leaf number counted by anatomical examination.

**Means followed by the same letter within each column of an inbred/hybrid are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

終葉數(表 2)方面,臺農 351 號以 12 月低溫播種者最少(18.0 葉),其餘三個播種期間的差異不顯著;母本 TA80-2598 有相似的表現,亦以 12 月播種處理最低,但三月播種植株葉片數目少於 7 及 9 月播種處理,對溫度的反應最為明顯;反之,父本 TA80-1410 之葉數以三月播種最多,12 月低溫與 7 及 9 月高溫狀況下播種之葉數則相近,亦即品種(系)間的表現有異。

雄穗分化始期葉齡與葉原體數目比值(表 2 中之 A/B)介於 0.477—0.597 之間,依據 Tollenaar and Hunter⁽²³⁾的報告,自然狀況下植株發育至總葉數一半時,雄穗即開始分化;以臺農 351 號為例,室外栽培至葉齡為 9 時,約相當於雄穗分化始期,可用為栽培管理之依據。上述葉齡與葉原體數目比值均以 12 月播種者最高,可能亦以低溫之效應為主。雄穗分化始期解剖計算葉原體數目(B),與最終葉數(C)之比值介於 0.92—1.03 之間,兩親本在處理間之差異並達顯著水準,唯經由資料分析,仍可確定玉米雄穗分化始期時葉片數目業已決定。

生長箱試驗中有關葉數性狀資料列於表 3;溫度同為 33/25 °C 時,植株在 14 hr 光期下發育至雄穗分化始期之葉齡為 10.29—10.50,顯著較 12 hr 與 33/25 °C 處理之結果(9.55—9.72)為高,表示在高溫情況下之長日處理效果,與 Tollenaar and Hunter⁽²³⁾與 Warrington and Kanemasu⁽²⁶⁾結果相同。然而臺農 351 號於雄穗分化始期之葉原體總數反以短日處理(12 hr)者為低,兩個自交系並未反應長日效果,最終葉數亦然(表 3)。根據 Warrington and Kanemasu⁽²⁶⁾報告,延長光期

Table 3. Leaf number at tassel initiation (T. I.) of corn inbreds TA80-2598 and TA80-1410 and their F-1 hybrid Tainung 351 grown under different temperature at 12-or 14-hr light period in growth chambers

Inbred/Hybrid	Light Period (hr)	Day/night Temperature (C)	Emerged Leaf No. at T. I. (A)	Leaf Number Counted at T. I. *(B)	Final Leaf No. (C)	A/B	B/C
TA80-2598	14	33/25	10.50****	19.9 ^a	19.8 ^a	0.528 ^a	1.01 ^a
	12	33/25	9.55 ^b	19.9 ^a	19.3 ^a	0.479 ^b	1.03 ^a
	12	28/20	8.64 ^c	17.9 ^{bc}	18.1 ^b	0.483 ^b	0.99 ^a
	12	23/15	8.15 ^d	17.1 ^c	19.4 ^a	0.477 ^b	0.88 ^b
	12	18/10	8.53 ^c	18.6 ^b	17.9 ^b	0.459 ^b	1.05 ^a
TA80-1410**	14	33/25	10.29 ^a	18.2 ^{ab}	18.0 ^a	0.566 ^a	1.01 ^a
	12	33/25	9.66 ^b	19.0 ^a	17.9 ^a	0.508 ^b	1.07 ^a
	12	28/20	9.00 ^c	18.3 ^a	17.8 ^a	0.492 ^b	1.03 ^a
	12	23/15	7.81 ^d	17.2 ^b	18.2 ^a	0.454 ^c	0.95 ^b
Tainung 351	14	33/35	10.45 ^a	19.0 ^b	19.1 ^a	0.550 ^a	0.99 ^{ab}
	12	33/25	9.72 ^b	20.2 ^a	19.1 ^a	0.486 ^b	1.06 ^a
	12	28/20	8.53 ^c	18.0 ^c	17.6 ^c	0.474 ^{bc}	1.02 ^a
	12	23/15	8.08 ^d	17.7 ^c	20.6 ^a	0.456 ^c	0.86 ^c
	12	18/10	8.50 ^c	18.4 ^b	18.5 ^{bc}	0.462 ^c	1.03 ^a

* Leaf number counted by anatomical examination.

** TA80-1410 plants did not survive at low temperature of 18/10 C.

*** Means followed by the same letter within each column of an inbred/hybrid are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

為葉數增加的主要原因之一，日長每增 1 hr 時，葉數增多 0.21—0.38，又綜合 Bonaparte⁽⁴⁾、Coligado and Brown⁽⁷⁾、Hesketh et al.⁽¹²⁾ 與 Hunter et al.⁽¹⁴⁾ 等之研究，日長每增 1 hr 時，葉數增加幅度為 0.21—0.58，應可確定日長對葉數的影響；本試驗中未能獲致完全相同的結論，主要原因可能為日長處理差距僅為 2 hr，又係於高溫下進行比較，日長效應因而較不明顯。

比較同為 12 hr 光期時之溫度處理效應（表 3），發現隨溫度之降低（由 33/25 °C 至 23/15 °C），三品種（系）於雄穗分化始期之葉齡及葉原體數均顯著減少，但最終葉數之反應較不明顯；Warrington and Kanemasu⁽²⁶⁾ 認為高溫時玉米的葉數較多，溫度每升高 1 °C 時，增加 0.13—0.44 葉，本試驗中自交系 TA80-1410 之葉數不受溫度影響，TA80-2598 與臺農 351 號之葉數則以 33/25 與 23/15 °C 處理高於 28/20 與 18/10 °C 處理，結果並不一致，是否為日長效應、品種特性或取樣差異之影響，猶待確定。

室外及生長箱試驗玉米植株自出土至雄穗開始分化、抽穗、開花及吐絲所需日數，分別列於表 4 與表 5。室外試驗部份，植株發育至任一特定生育階段所需時間，均以 12 月播種者最長，3 月次之，7 及 9 月播種者最短且兩處理間多無顯著差異（表 4），亦即在 12 月播種後之低溫短日條件下，玉米植株的生長分化有延緩現象，7 及 9 月播種後之高溫長日下較為快速；玉米對光期原呈短日反應^(6,10)，但此一反應又為溫度左右^(19,20,23)，本省地處亞熱帶，日長差異最多不超過 4 hr，而平均溫度差異高達 12 °C 以上（表 1），可能溫度對玉米植株的影響超過日長，為導致試驗結果的主要原因。

3 月與 9 月播種玉米約與本省春、秋作時間相近，其抽穗與吐絲日數分別為 60—62 日與 68—70 日及 48—49 日與 55—57 日，與本所農場管理室進行臺農 351 號親本播種期試驗的結果相同（未發表

Table 4. Days from seedling emergence to tassel initiation, tasseling, anthesis and silking of corn inbreds TA80-2598 and TA80-1410 and their F-1 hybrid Tainung 351 grown under natural conditions

Inbred/Hybrid	Sowing Date (Mon/Day/Yr)	Days from Seedling Emergence to			
		T. I. *	Tasseling	Anthesis	Silking
TA802598	3/22/85	27.0 ^{b***}	60.6 ^b	65.4 ^b	68.5 ^b
	7/ 1/85	19.3 ^c	49.5 ^c	53.2 ^c	57.5 ^c
	9/ 5/85	18.6 ^c	49.0 ^c	51.8 ^c	56.8 ^c
	12/12/84	75.0 ^a	117.0 ^a	120.2 ^a	128.8 ^a
TA80-1410	3/22/85	26.8 ^b	60.5 ^b	66.8 ^b	69.8 ^b
	7/ 1/85	18.6 ^c	45.0 ^d	55.5 ^c	57.3 ^c
	9/ 5/85	18.9 ^c	48.5 ^c	51.3 ^d	55.0 ^c
	12/12/84	74.0 ^a	120.1 ^a	124.3 ^a	130.7 ^a
TA80-1410	3/22/85	26.6 ^b	61.8 ^b	65.6 ^b	69.9 ^b
	7/ 1/85	19.5 ^c	48.5 ^c	54.2 ^c	55.3 ^c
	9/ 5/85	17.1 ^d	48.5 ^c	51.5 ^d	56.3 ^c
	12/12/84	69.0 ^a	113.4 ^a	117.0 ^a	125.1 ^a

* Tassel initiation.

** Means followed by the same letter within each column of an inbred/hybrid are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

資料)；秋作玉米於7月以後至氣溫開始大幅下降(10月)以前播種，植株葉數多，營養生長量充足，乾物重最高(資料未列出)，且生育期不致太長，應為適當的栽培季節。如於12月播種，玉米自出土至抽穗與吐絲期的時間約為110—130日，亦即低溫導至生育期過度延長；前述臺農351號親本播種期試驗於10月下旬及11月下旬播種時，由播種至吐絲日數為90—121日，至成熟期為152—167日，產量亦低，對栽培管理與適應輪作制度而言，均屬不宜。

生長箱試驗結果(表5)顯示，同為高溫(33/25 °C)情況下，光期較長(14 hr)處理使母本TA80-2598生長至雄穗分化期之時間延長，父本TA80-1410與臺農351號雖未具顯著之處理間差異，似有相似趨勢；短日本有提早雄穗分化之效果^(3,24)，Kiniry⁽¹⁶⁾以不同玉米品種試驗，發現光期由12.5 hr增至17.5 hr時，雄穗分化始期延遲3.5—12日；Hunter et al.⁽¹⁴⁾認為此一效果對中、晚熟品種尤其明顯。光期對出土至抽穗、開花與吐絲日數的影響並不一致(表5)，且多以短日處理(12 hr)之日數較長，其確切原因不明，唯株間變異較大與光期差距較小為可能之影響因子。

光期為12 hr時，溫度對玉米生育之影響結果列於表5；23/15 °C處理由於生長箱故障，18/10 °C處理由於父本無法生長，致缺少部分資料。比較33/25與28/20 °C處理，高溫明顯縮短至雄穗分化所需要的時間，延長臺農351號至抽穗及三個品種(系)至開花與吐絲的日數，似乎顯示高

Table 5. Days from seedling emergence to tassel initiation, tasseling, anthesis and silking of corn inbreds TA80-2598 and TA80-1410 and their F-1 hybrid Tainung 351 grown under different temperatures at 12-or 14-hr light period in growth chambers

Inbred/Hybrid	Light Period (hr)	Day/Night Temperature (C)	Days from Seedling Emergence to			
			T. I. *	Tasseling	Anthesis	Silking
TA80-2598	14	33/25	29.1 ^{c**}	61.3 ^b	71.3 ^b	73.5 ^c
	12	33/25	25.4 ^d	58.8 ^c	67.5 ^c	75.3 ^b
	12	28/20	28.8 ^c	57.1 ^c	62.3 ^d	65.1 ^d
	12	23/15	38.7 ^b	— ^{***}	—	—
	12	18/10	63.8 ^a	115.2 ^a	120.0 ^a	124.4 ^a
TA80-1410****	14	33/25	28.6 ^c	59.5 ^b	68.0 ^b	70.6 ^b
	12	33/25	27.2 ^c	64.4 ^a	72.1 ^a	78.3 ^a
	12	28/20	31.1 ^b	63.4 ^a	66.8 ^b	66.0 ^c
	12	23/15	35.6 ^a	—	—	—
Tainung 351	14	33/25	27.3 ^c	58.7 ^c	66.4 ^b	71.8 ^c
	12	33/25	25.6 ^c	61.0 ^b	67.8 ^b	74.4 ^b
	12	28/20	28.0 ^c	56.9 ^c	61.4 ^c	64.8 ^d
	12	23/15	38.5 ^b	—	—	—
	12	18/10	63.9 ^a	117.9 ^a	122.4 ^a	128.0 ^a

*Tassel initiation.

**Means followed by the same letter within each column of an inbred/hybrid are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

***Data not available due to disorder of growth chambers.

****TA80-1410 plants did not survive at low temperature of 18/10 C.

溫的作用並不一致，但由於超過 30 °C 以上之溫度度數對多數玉米種之發育不一定能顯示溫度累積效應，甚至產生高溫逆境作用⁽⁶⁾，本試驗之結果亦屬可能，此項推論可由室外試驗 7 月及 9 月播種處理之類似結果（表 4）得到佐證。當溫度降低至 18/10 °C 時，玉米植株發育至雄穗分化、抽穗、開花與吐絲日數所需時間最長，約為 28/20 °C 處理之二倍，且與室外 12 月播種之結果極為接近，顯示低溫之顯著影響。

表 6 資料為室外試驗之出葉速率，以每日之出葉數目表示（以下同）；四個播種期中以 12 月播種者之出葉速率最慢，三個品種（系）都有相同表現，其中出土至雄穗分化始期左右（以第 10 葉齡為區分標準）之出葉速率為 0.126—0.137，而出土至抽穗期間的出葉速率較快，介於 0.140—0.158 之間，溫度升高應為主要的影響因子之一。三月播種處理之出葉速率較高，但仍顯著低於 7 及 9 月高溫播種之結果；Tollenaar et al.⁽²²⁾ 即曾指出在 15 至 30 °C 之間，溫度對出葉速率有正向作用，本試驗所得結果並與 Warrington and Kanemasu⁽²⁶⁾ 的報告相符合。

Table 6. Rate of leaf appearance (leaves/day) during two growth periods of corn inbreds TA80-2598 and TA80-1410 and their F-1 hybrid Tainung 351 grown under natural conditions

Sowing Date (Mon/Day/Yr)	Inbred/Hybrid		
	TA80-2598	TA80-1410	Tainung 351
	Seedling emergence to tassel initiation (Leaf No. 1 to 10)		
3/22/85	0.291 ^b	0.287 ^c	0.300 ^c
7/ 1/85	0.483 ^a	0.487 ^a	0.501 ^a
9/ 5/85	0.453 ^a	0.412 ^b	0.469 ^b
12/12/84	0.137 ^c	0.126 ^d	0.132 ^d
	Seedling emergence to tasseling (Leaf No. 1 to final leaf number)		
3/22/85	0.290 ^c	0.316 ^b	0.301 ^b
7/ 1/85	0.405 ^a	0.375 ^a	0.433 ^a
9/ 5/85	0.386 ^b	0.367 ^a	0.402 ^a
12/12/84	0.154 ^d	0.140 ^c	0.158 ^c

*Means followed by the same letter within each column of an inbred/hybrid are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

**TA80-1410 plants did not survive at low temperature of 18/10 C.

生長箱試驗中玉米出葉速率對溫度的反應資料列於表 7；在 18/10 °C 低溫處理時，臺農 351 號品種及其母本 TA80-2598 出土至雄穗分化始期左右之速率為 0.114 與 0.113，而出土至抽穗期間則介於 0.187—0.198，以後者較高，顯然在本試驗低溫條件下，雄穗分化始期以後之出葉速度較快，高溫環境下則無類似表現（表 7）。綜合比較其他三個溫度（28/20 及 33/25 °C）與日長（12 及 14 hr）處理，除少數例外，並無明顯之溫度作用；雖然 Warrington and Kanemasu⁽²⁵⁾ 報告在 16 至 26 °C 範圍內，溫度每升高 1 °C 即提高出葉速率 0.23，且 30—34 °C 時可獲得最高之出葉速率，但 Tollenaar et al.⁽²²⁾ 則指出當溫度超過 30 °C 時反有下降之趨勢；本試驗為配合田間實際生長條件，僅選用 33/25 與 28/20 兩種高溫處理，日溫差距為 5 °C，且最高溫超過 30 °C，此外，出葉速率亦受品種、光量、光期、光質與栽培方法的共同影響，可能為兩溫度處理作用不顯著的主要原因。

Table 7. Rate of leaf appearance (leaves/day) during two growth periods of corn inbreds TA80-2598 and TA80-1410 and their F-1 hybrid Tainung 351 grown under different temperature regimes at 12-or 14-hr light period in growth chambers

Light Period (hr)	Day/Night Temperature (C)	Inbred/Hybrid		
		TA80-2598	TA80-1410	Tainung 351
Seedling emergence to tassel initiation (Leaf No. 1 to 10)				
14	33/25	0.352**	0.329 ^a	0.396 ^a
12	33/25	0.365 ^a	0.333 ^a	0.349 ^{a,b}
12	28/20	0.313 ^{a,b}	0.267 ^b	0.315 ^b
12	18/10	0.113 ^c	—**	0.114 ^c
Seedling emergence to tasseling (Leaf No. 1 to final leaf number)				
14	33/25	0.324 ^a	0.325 ^a	0.310 ^a
12	33/25	0.316 ^a	0.276 ^b	0.303 ^a
12	28/20	0.308 ^a	0.283 ^b	0.288 ^{a,b}
12	18/10	0.187 ^b	—	0.198 ^c

*Means followed by the same letter within each column of an inbred/hybrid are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

**TA80-1410 plants did not survive at low temperature of 18/10 C.

引用文獻

1. 萬雄、呂宗佳、盧煌勝、何千里。1986。單雜交玉米臺農三五—號之育成。中華農業研究 35 : 11—22。
2. Aitken, Y. 1977. Evaluation of maturity genotype-climate interactions in maize (*Zea mays* L.). Z. Planzenzucht. 78 : 216-237.
3. Allison, J. C. and T. B. Daynard. 1979. Effect of change in time of flowering, induced by altering photoperiod or temperature, on attributes related to yield in maize. Crop Sci. 19 : 1-4.
4. Bonaparte, E. E. N. A. 1975. The effects of temperature, day-length, soil fertility and soil moisture on leaf number and duration to tassel emergence in *Zea mays* L. Ann. Bot. 39 : 853-861.
5. Bonnett, O. T. 1966. Inflorescences of maize, wheat, rye, barley, and oats: their initiation and development. Agric. Exp. Stn., Univ. of Illinois College of Agric., Bull. No. 721.
6. Breuer, C. M., R. B. Huner and L. W. Kannenberg. 1976. Effect of 10 and 20 hour photoperiod treatments at 20 C on rate of development of a single cross maize hybrid. Can. J. Plant Sci. 56 : 795-798.
7. Coligado, M. C. and D. M. Brown. 1975. Response of corn (*Zea mays* L.) in the pre-tassel initiation period to temperature and photoperiod. Agric. Meteorol. 14 : 357-367.
8. Cross, H. Z. and S. Zuber. 1972. Prediction of flowering dates in maize based on different methods of estimating thermal units. Agron. J. 64 : 351-355.
9. Francis, C. A., C. O. Grogan and D. W. Sperling. 1969. Identification of photoperiod insensitive strains of maize. Crop Sci. 9 : 675-677.
10. Francis, C. A., V. D. Sarria, D. D. Harpstead and C. C. Cassalet. 1970. Identification of photoperiod sensitive strains of maize (*Zea mays* L.). II. Field test in the tropics with artificial lights. Crop Sci. 10 : 465-468.

11. Garner, W. W. and H. A. Allard. 1923. Further studies in photoperiodism, the response of the plant to relative length of day and night. *J. Agric. Res.* 23 : 871-920.
12. Hesketh, J. D., S. S. Chase and D. K. Nanda. 1969. Environmental and genetic modifications of leaf number in maize, sorghum and Hungarian millet. *Crop Sci.* 9 : 460-463.
13. Hofstra, G., J. D. Hesketh and D. L. Myhre. 1977. A plastochron model for soybean leaf and stem growth. *Can. J. Plant Sci.* 57 : 167-175.
14. Hunter, R. B., L. A. Hunt and L. W. Kannenberg. 1974. Photoperiod and temperature effects on corn. *J. Plant Sci.* 54 : 71-78.
15. Hunter, R. B., M. Tollenaar and C. M. Breuer. 1977. Effects of photoperiod and temperature on vegetative and reproductive growth of a maize (*Zea mays* L.) hybrid. *Can. J. Plant Sci.* 57 : 1127-1134.
16. Kiniry, J. R., J. T. Ritchie and R. L. Musser. 1983. Dynamic nature of the photoperiod response in maize. *Agron. J.* 75 : 700-703.
17. Liu, D. J. 1986. Cultural and physiological studies of field corn grown on paddy field in Taiwan. In: *Paddy field diversion and upland crop production* (S. C. Hsieh and D. J. Liu, eds.). Taichung Dist. Agri. Improv. Stn., Changhua.
18. McClelland, T. B. 1928. Studies of the photoperiodism of some economic plants. *J. Agr. Res.* 37 : 603-628.
19. Roberts, R. H. and B. E. Struckmeyer. 1938. The effects of temperature and other environmental factors upon the photoperiodic responses of some of the higher plants. *J. Agr. Res.* 56 : 633-677.
20. Russell, W. K. and C. W. Stuber. 1983. Effects of photoperiod and temperature on the duration of vegetative growth in maize. *Crop Sci.* 23 : 847-850.
21. Thiagarajah, M. R. and L. A. Hunt. 1982. Effects of temperature on leaf growth in corn (*Zea mays* L.). *Can. J. Bot.* 60 : 1947-1652.
22. Tollenaar, M., T. B. Daynard and R. B. Hunter. 1979. Effect of temperature on rate of leaf appearance and flowering date in maize. *Crop Sci.* 19 : 363-366.
23. Tollenaar, M. and R. B. Hunter. 1983. A photoperiod and temperature sensitive period for leaf number of maize. *Crop Sci.* 23 : 457-460.
24. Warrington, T. J. and E. T. Kanemasu. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod. I. Seedling emergence, tassel initiation and anthesis. *Agron. J.* 75 : 749-754.
25. Warrington, T. J. and E. T. Kanemasu. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod. II. Leaf-initiation and leaf-appearance rates. *Agron. J.* 75 : 755-761.
26. Warrington, T. J. and E. T. Kanemasu. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod. III. Leaf number. *Agron. J.* 75 : 762-766.

Growth Responses of Corn to Temperature and Photoperiod

C. S. Wang, P. Y. Wang and D. J. Liu

Summary

The single-cross corn Tainung 351 and its paternal inbred TA80-1410 and maternal inbred TA80-2598 were used to study the influences of temperature and photoperiod on the initiation rate of leaf primordia, leaf age and duration of growth in corn. Plants were cultured in the growth chamber under five combinations of temperatures and photoperiods. Plants were also sown in March, July, September and December of the year and cultured under natural conditions to confirm the results of growth-chamber study. At high temperature (33/25 C), plants under longer photoperiod (14 hr) showed a higher leaf age at tassel initiation (TI) than those grown under shorter photoperiod (12 hr). However, number of leaf primordia at TI was not affected and the response of final leaf number was erratic among the three corn materials. In addition, the longer photoperiod tended to delay TI, tasseling and anthesis in TA80-2598. The effect was less clear in TA80-1410 and the hybrid. When temperature was lowered from 33/25 C to 23/15 C or 18/10 C at 12-hr photoperiod, leaf age and number of leaf primordia at TI, as well as leaf appearance rate decreased while final leaf number remained the same. Days from seedling emergence to TI also increased as a result of the lowered temperature. Comparison between temperature treatments of 33/25 and 28/20 C indicated that days needed from seedling emergence to tasseling, anthesis and silking were not significantly different in most cases or even longer for the 33/25 C treatment. The results suggested the existence of varietal variations or lack of accumulated temperature effect under extreme temperatures. The assumption was confirmed by the outdoor experiment in which similar results were obtained between the July (high temperature) and September (relatively low temperature) sowings. Leaf appearance rate was higher in the vegetative growth (seedling emergence to leaf age 10) than in the reproductive growth (after leaf age 10), suggesting different growth responses to environmental factors between the two phases of development. In most instances, results of the outdoor experiment were in agreement with those of the growth-chamber study in terms of the temperature effects. It was also concluded that for corn grown in Taichung area, the influences of temperature were more significant than those exerted by photoperiod. Sowing corn between July and September was considered suitable as plants tended to possess more leaves, higher leaf appearance rate and sufficient vegetable growth with an appropriate growth duration.

-
1. Contribution No. 1431 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was supported by a grant from the Council of Agriculture, Executive Yuan, ROC.
 2. Respectively, assistant agronomist, assistant and senior agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 41301, ROC.