

花蓮地區玉米生長分析之研究

周 明 和²

摘 要

花蓮地區春秋作氣候因子迥異，致玉米生長潛能表現各異；單株乾物質累積能力秋作高於春作，台南育六號在春秋作產量表現最高，單株乾物重亦最大。秋作之 LAI 值比春作高，台南育六號之 LAI 在供試品種間為最高。秋作在開花後子實充實期間保持較高的 LAI 值，故產量高於春作。LAI 與 CGR 春作之 $r = 0.912^{**}$ ，秋作 $r = 0.69^{**}$ ，即不論何期作葉面積多寡能決定乾物重（產量）的大小。秋作葉及子實之 RGR 較春作為低，即秋作葉之光合成產物配置至子實之效率比春作低；較高產之品種台南育六號葉同時具有較高之 RGR。秋作之 NAR 比春作低，示秋作之供源（Source）顯然不足；NAR 與 LAI 之相關係數 $r = -0.307^*$ 呈顯著負相關，即 LAI 值增加時，玉米之光合效率則降低。概言之秋作之產量高於春作可能因開花後具較高之 LAI，但秋作仍嫌供源（Source）不足，及葉光合產物分配到子實的效應不及春作。欲提高產量春作應提高 LAI 及 CGR 值，秋作則應提高 CGR, NAR 及葉之 RGR，玉米稈徑的寬度的提高亦為增產之可行途徑。

前 言

作物增產的發展趨勢，由過去的育種、殺菌劑、殺蟲劑、殺草劑之應用至目前生物調節劑、植物株型等研究，未來發展探討，作物光合效率，將來更可能發展至作物試管栽培（test tube farming）以提高作物生產力（Army and Greer, 1967）之生長分析⁽⁹⁾即為探討作物淨光合產物之一種方法。玉蜀黍(2)（*Zea mays* L.）為熱帶原產的短日性植物、性喜高溫乾燥、多日照的環境，其適應性頗大。花蓮地區春秋作氣候環境迥異⁽¹⁾，致玉米生長特性（trait）表現不同，本試驗之目的即在利用葉面積指數、作物生長速率、相對生長速率及淨同化速率等生長介量以測定玉米的生長潛勢，並探討玉米植株各部位間的乾物質競爭，以便分析影響玉米產量高低的構成因素，作為今後增產玉米的依據。

材料與方法

1. 花蓮區農業改良場研究報告第 4 號。本試驗部份經費承農業發展委員會（計劃編號：71 農建—4.1—產—109 及 72 農建—4.1—產 143）補助，謹此致謝。
2. 作物改良課助理周明和。

本試驗於民國 71 年春作 (3 月 15 日) , 秋作 (8 月 26 日) 在花蓮區農業改良場試驗田實施。供試品種為雙雜交玉米品種台南五號、台南育六號與台南十一號。田間設計採逢機完全區集, 71 年春作試驗, 重複 4 次, 小區為 20 行區, 行長 12m, 小區面積 $12\text{m} \times 12\text{m} = 144\text{m}^2$, 行株距 $60\text{cm} \times 30\text{cm}$ (55,555 株/公頃); 71 年秋作試驗, 重複 3 次, 小區為 15 行區, 行長 9m, 小區面積 $9\text{m} \times 9\text{m} = 81\text{m}^2$, 行株距 $60\text{cm} \times 30\text{cm}$ (55,555 株/公頃)。自種子發芽出土後, 每隔 10 天, 逢機取樣 8 ~ 10 株為材料, 測定株高、葉面積 [用葉面積測定儀 (LI-COR, LI-3000) 測定之] 稈徑、著穗節位、穗長、穗寬、行列數及葉、葉鞘、稈、根、花、苞葉、蕊、穗柄、柱頭、子實等乾物重 (70°C , 72 小時烘乾箱烘乾後測定之。) 生育過程中, 並調查發芽日期、抽穗期、吐絲期、苞葉變白期及成熟期。

資料分析: 生長介量之公式應用(8)

1. 葉面積指數 (LAI, leaf area index)

依 Watson, 1947, 1952 之公式計算之即:

$$\text{LAI} = \frac{A}{P}, \quad A: \text{葉面積}, P: \text{土地面積}$$

2. 作物生長速率 (CGR, crop growth rate)

依 Watson, 1952 之公式計算之即:

$$\text{CGR} = \frac{W_2 - W_1}{P(t_2 - t_1)}, \quad W: \text{乾物重}, P: \text{土地面積}, t: \text{取樣日數}$$

3. 相對生長速率 (RGR, relative growth rate)

依 Fisher, 1921 之公式計算之, 即:

$$\text{RGR} = \frac{1}{W} \cdot \frac{dw}{dt} = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}$$

$\ln w$: 乾物重之自然對數值, t : 取樣日數

4. 淨同化速率 (NAR, net assimilation rate)

依 Leopold and Kriedemann, 1975 之公式計算之, 即:

$$\text{NAR} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{w_1}^{w_2} \frac{dw}{A} = \frac{w_2 - w_1}{A_2 - A_1} \cdot \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{t_2 - t_1}$$

W : 乾物重, A : 葉面積, t : 取樣日數, $\ln A$: 葉面積之自然數值。

結 果

一、生育概要:

春作生育之氣溫 (圖 1 ~ 1) 由生育初期之低溫隨著生育日數之增加而漸遞高溫, 秋作由初期之高溫漸次低溫, 春作全生育期降雨量 (圖 1 ~ 2) 大略平均, 僅後期稍高, 秋作生育初期及後期雨量稍高; 春作日照時數 (圖 1 ~ 3) 由生育初期之少日照至後期之高日照, 秋作却由高日照至少日照; 春作平均濕度 (圖 1 ~ 4) 開花期至授粉之濕度略低於秋作。總而言之, 春秋作由於氣候環境因素之迥異, 致影響玉米生長及產量之不同。

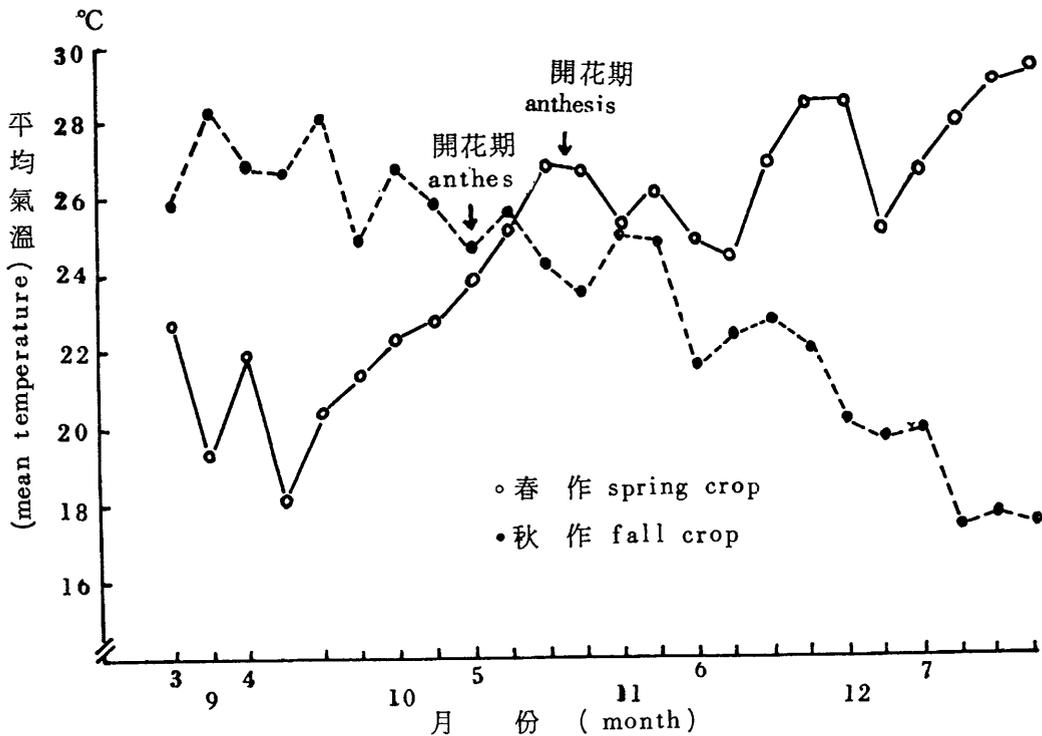


圖 1-1 71 年春秋作玉米全生育期之平均氣溫 (五日平均)
 Fig.1-1 The mean temperature of different crop seasons, 1982.
 (five-day average)

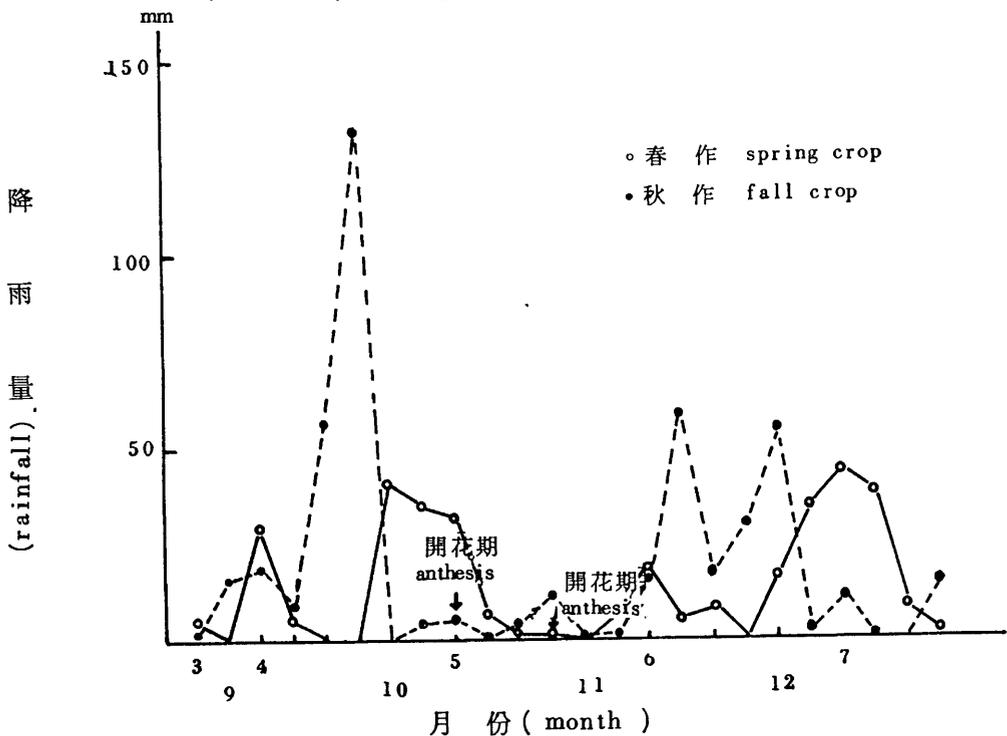


圖 1-2 71 年春秋作玉米全生育期之降雨量
 Fig.1-2 The precipitation of different crop seasons, 1982.

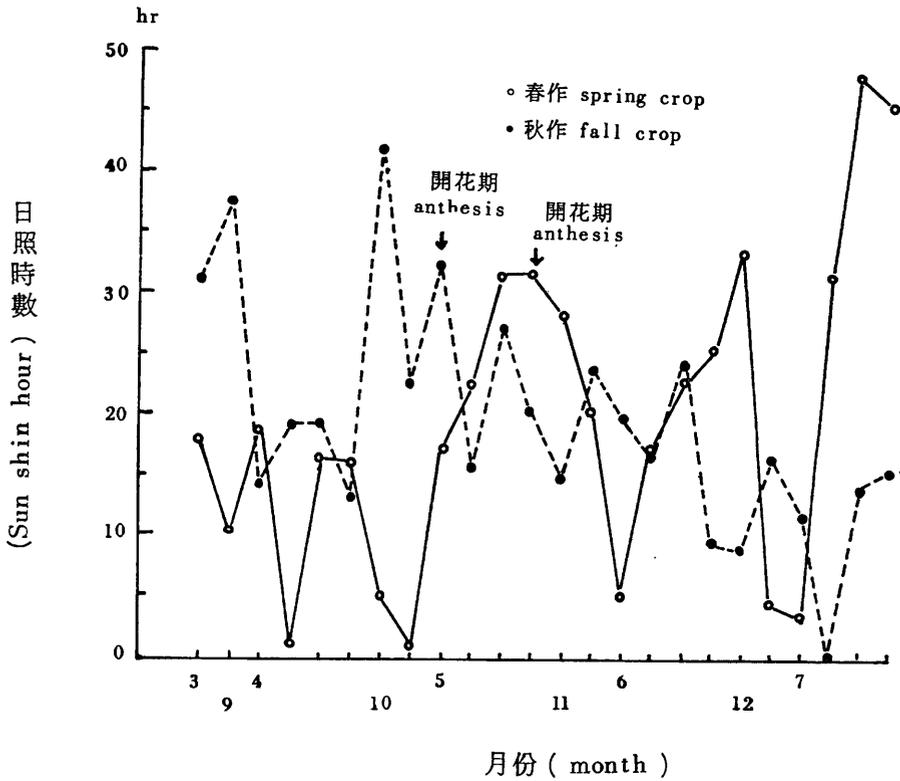


圖 1-3 71 年春秋作玉米全生育期之日照時數
 Fig.1-3 The sunshine hours of different crop season, 1982.

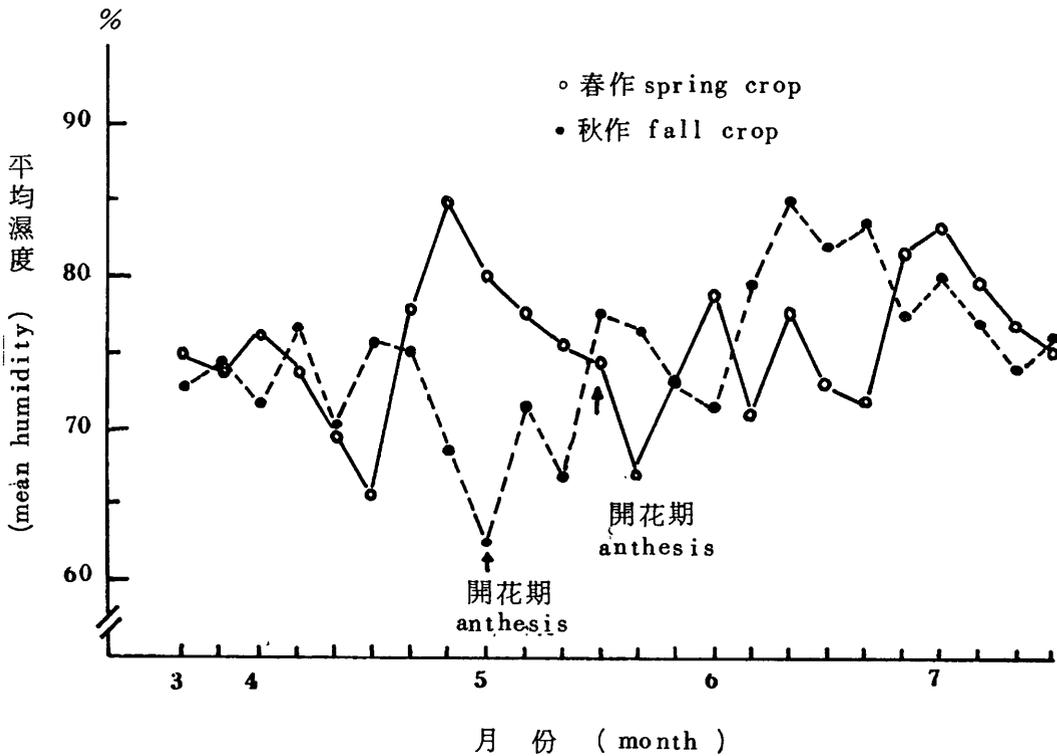


圖 1-4 71 年春秋作玉米全生育期之平均濕度
 Fig.1-4 The mean relation humidity of different crop seasons, 1982.

二、不同期作，玉米品種間生育日數及農藝性狀之變異：

就期作而言，達到抽穗、吐絲、苞葉變白及成熟期所需日數，秋作大於春作，抽穗期至吐絲期所需之日數，春作大於秋作（表1）。株高、著穗高度、著穗節位、行列數等秋作大於春作，但稈徑、穗長、穗寬以春作稍高。

就品種而言，台南育六號達到抽穗、吐絲、苞葉變白及成熟期所需日數比台南五號、十一號為高，台南育六號之株高、著穗高度、稈徑、著穗節位、穗寬及行列數等性狀較另二品種略高。

表1 玉米品種農藝特性

Table 1 Agronomic traits of corn varieties.

項目 Item	台南五號 Tainan No. 5		台南育六號 Tainan-yu No. 6		台南十一號 Tainan No. 11	
	春作 Spring crop	秋作 Fall crop	春作 Spring crop	秋作 Fall crop	春作 Spring crop	秋作 Fall crop
A	6	4	6	4	6	4
B	53	38	57	43	55	39
C	56	43	62	48	59	45
D	86	82	112	90	101	88
E	100	110	119	121	109	114
F	158.1±18.6	210.8±17.4	215.3±20.5	242.9±18.4	205.3±22.9	222.5±17.8
G	47.4±13.2	96.2±12.8	91.8±18.0	119.4±17.3	92.5±19.0	110.8±15.8
H	18.5±1.8	17.9±2.0	19.2±1.9	17.8±2.0	18.2±1.8	17.9±2.4
I	3.5±0.7	5.6±0.6	5.6±0.8	6.2±0.8	5.3±0.8	5.9±0.7
J	18.0±2.7	17.1±2.3	18.1±2.0	16.2±2.2	17.4±2.3	17.0±1.9
K	43.4±3.1	43.6±3.2	51.6±3.1	47.8±3.5	45.7±2.9	44.0±3.0
L	12.3±1.2	13.9±1.6	14.1±1.2	14.9±2.0	12.2±1.2	13.1±1.5

* A 發芽日數
days to emergence

E 成熟期
days to maturity

I 着穗節位(節)
node no. of ear

B 抽穗日數
days to anthesis

F 株高
plant height(cm)

J 穗長(公分)
ear length(cm)

C 吐絲日數
days to silking

G 著穗高度(公分)
ear height(cm)

K 穗寬(公厘)
ear width(cm)

D 苞葉變白日數
days to husking

H 稈徑(公厘)
stalk width(mm)

L 行列數(行)
row no.

三、株高之變異：

玉米品種不同時期之株高調查結果列如表2可知。玉米株高之生育趨勢呈S形曲線，初期生育緩慢，抽穗期前、後急驟增高，至子實充實期時，增加速度又漸緩慢；就株高生育情

形而言，秋作大於春作，春作株高增加最快期間為發芽後 60~70 天，秋作為 40~50 天。品種之間以台南育六號之株高最大（春作 216.7 公分，秋作 235.3 公分），台南十一號次之（春作 206.8 公分，秋作 227.9 公分），台南五號最低（春作 160.6 公分，秋作 212.8 公分）。

玉米株高之變異受每日平均氣溫影響甚大（圖 2~1，2），又抽穗期前、後之氣溫影響株高之差異亦不同；抽穗前之平均溫度與株高之相關係數 $r=0.887^{**}$ ，大於抽穗後 $r=0.594^{**}$ ，即抽穗前之平均氣溫影響株高之變異大於抽穗後。

表 2 71 年玉米品種不同時期株高的變化

Table 2 Plant height of corn varieties at different growth stages.

品 種 Entries	期 作 crop	株 高 (公 分) (Plant height) 發 芽 後 日 數 (Days after emergence)										
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
台南五號 Tainan No 5	春 spring	6.4	9.5	14.2	27.5	51.9	175.1	156.8	158.8	160.3	160.6	-
	秋 fall	8.4	24.3	56.2	138.0	205.3	204.0	210.7	212.8	205.9	203.4	-
台南育六號 Tainan-yu No 6	春 spring	6.1	8.8	13.1	26.2	49.4	169.0	213.8	214.9	216.7	215.6	214.3
	秋 fall	8.2	23.8	50.3	129.9	223.3	226.6	227.8	235.3	226.4	230.0	232.9
台南十一號 Tainan No 11	春 spring	6.2	8.8	14.2	26.8	55.0	192.0	201.7	206.8	200.8	193.7	202.1
	秋 fall	7.8	22.8	54.5	142.6	217.2	220.5	217.7	229.1	227.9	214.7	213.9

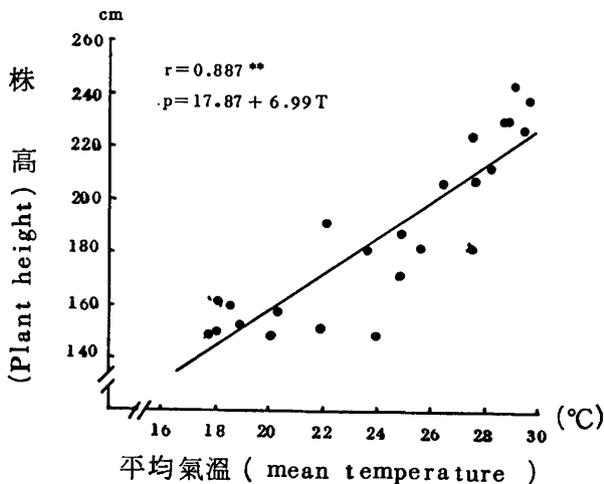


圖 2-1 玉米株高與每日平均氣溫（發芽至抽穗之日數）之關係

Fig.2-1 Correlation between plant height and mean temperature (days from emergence to anthesis) in corn.

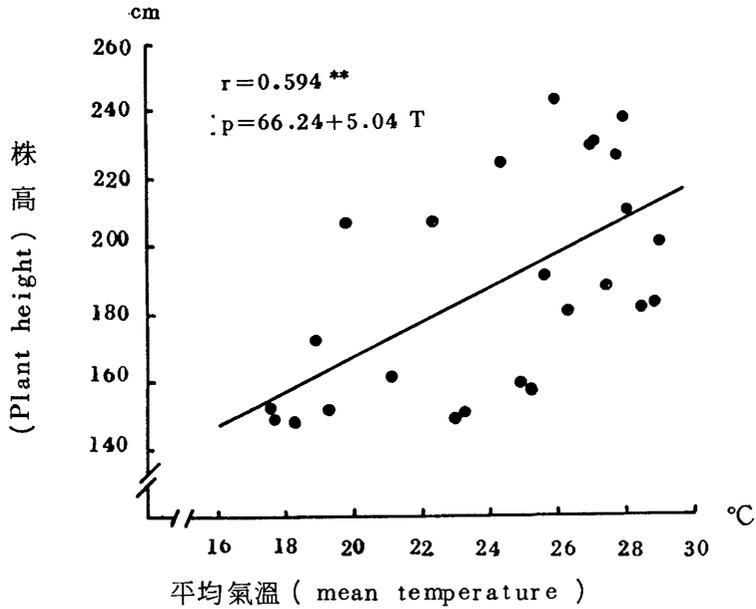


圖 2-2 玉米株高與每日平均氣溫 (抽穗至成熟之日數) 之關係
 Fig.2-2 Correlation between plant height and mean temperature (days from anthesis to maturity) in corn.

四、不同期作品種間玉米產量之變異：

玉米品種在不同期作之產量列如圖 3，可知不同期作品種間之公頃產量，秋作均高於春作，其中台南五號秋作產量 (3,562 kg/ha) 高於春作 (2,419 kg/ha)；台南育六號秋作 (4,850 kg/ha) 高於春作 (3,596 kg/ha)；台南十一號秋作 (4,388 kg/ha) 高於春作 (3,160 kg/ha)；品種間以台南育六號之產量最高，台南十一號次之，而台南五號最低。

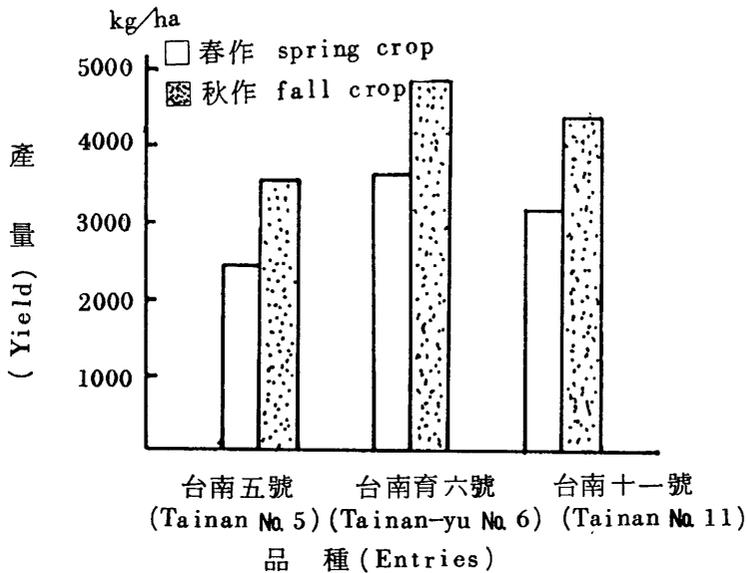


圖 3 71 年春秋作玉米品種產量的變化
 Fig. 3 The yield performance of corn varieties at different crops, 1982.

五、不同期作品種間玉米乾物重之變異：

玉米乾物重之生長趨勢呈S形曲線(表3)，初期生長緩慢，抽穗前、後急驟增加，子實充實期增加速度又漸緩慢；就乾物重生長情形而言，全生育期之單株乾物重累積能力秋作大於春作；春作乾物重增加最快的期間為發芽後60~80天，秋作為40~50天，主要是秋作初期之高溫所致，而春作為低溫；就品種而言以台南育六號之乾物重最大(春作230.2公克，秋作237.5公克)，台南十一號次之(春作124.3公克，秋作231.8公克)，台南五號最低(春作135.4公克，秋作205.8公克)。

表3 71年玉米品種不同時期乾物重的變化

Table 3 Total dry weight at different growth stages of corns, 1982.

品 種 Entries	期 作 crop period	乾 重 量 (公 克 / 稈) dry weight(g/plant)										
		發 芽 後 日 數 (Days after emergence)										
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
台南五號 Tainan No. 5	春 spring	0.4	1.0	2.5	7.8	34.9	86.1	108.1	123.4	132.3	135.4	-
	秋 fall	0.6	7.5	32.1	77.5	117.6	158.5	173.9	187.7	200.6	205.8	-
台南育六號 Tainan-yu No. 6	春 spring	0.5	1.3	3.2	10.7	40.3	113.6	152.0	175.8	201.6	218.6	230.2
	秋 fall	0.6	7.2	31.4	83.6	141.6	194.9	207.4	215.6	223.1	230.5	237.5
台南十一號 Tainan No. 11	春 spring	0.4	1.2	2.9	7.7	38.6	98.7	129.8	152.3	167.4	177.6	184.3
	秋 fall	0.6	7.2	29.1	82.3	134.0	182.4	198.1	207.2	215.8	224.6	231.8

六、乾物重與產量之關係：

供試品種(台南五號、台南育六號與台南十一號)在不同期作(春、秋)之乾物重(發芽後100天)與產量之關係(圖4)，二者間之相關係數 $r=0.909^{**}$ 達顯著水準，即玉米產量的高低，受植株全乾物重的大小所決定；故欲提高玉米之產量，保持植株在一定的乾物重比例上是甚為重要。

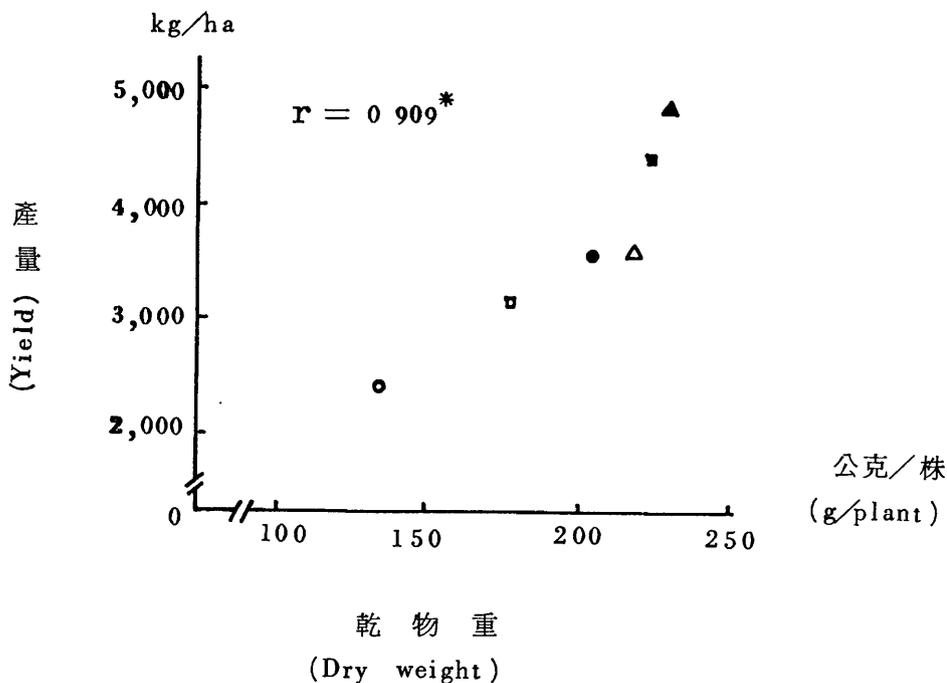


圖 4 71 年玉米乾物重與產量之關係
(○—台南五號, △—台南育六號, □—台南十一號,
空心—春作, 實心—秋作)

Fig4 Relationship between total dry weight and
yield in corn varieties, 1982
(○—Tainan No. 5, △—Tainan-yu No. 6, □—Tainan No.
11, hollow—spring crop, solid—fall crop)

七、玉米植株各個不同部位間乾物重之變化：

不同品种植株不同部份之乾物重調查結果列如圖 5~1, 2, 3 可知不同品種間秋作之葉 (包括枯葉), 稈 (包括葉鞘), 根及子實等的乾物重比春作為高, 穗枝重 (ear shoot weight) (包括苞葉、蕊、穗柄、柱頭及雄花繸) 則差異不大, 僅台南五號之穗枝重秋作比春作為高。值得一提的是根之乾物重秋作約比春作大 2 倍左右, 其中台南育六號最高 (秋作 33.86 公克, 春作 18.18 公克), 台南十一號次之 (秋作 28.87 公克, 春作 10.76 公克), 台南五號最低 (秋作 13.23 公克, 春作 7.43 公克), 與產量似呈某種關係存在, 或許根重之大小能影響植株吸收養分之能力, 進而影響產量之高低。

總而言之玉米植株不同部位間乾物質的累積能力以秋作為高, 品種間以台南育六號為最高。玉米開花 (anthesis) 後, 葉及稈 (Source) 之碳水化合物轉移 (translocate) 至穗上 (Sink), 致葉之乾物重及稈之乾物重在穗形成時 (分別約為開花後 10 天, 20 天) 緩慢下降。

g/plant

乾物重 (Dry matter)

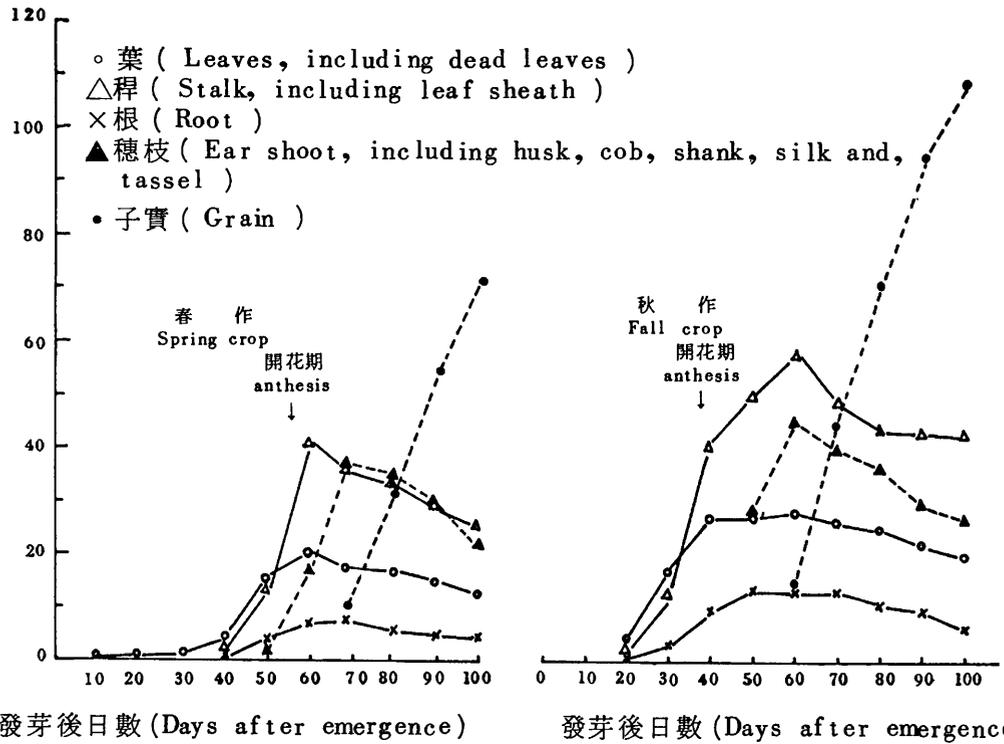


圖 5-1 71 年玉米台南五號不同時期之植株各部位間乾物重變化

Fig.5-1 Growth process of Tainan No. 5, 1982

g/plant

乾物重 (Dry matter)

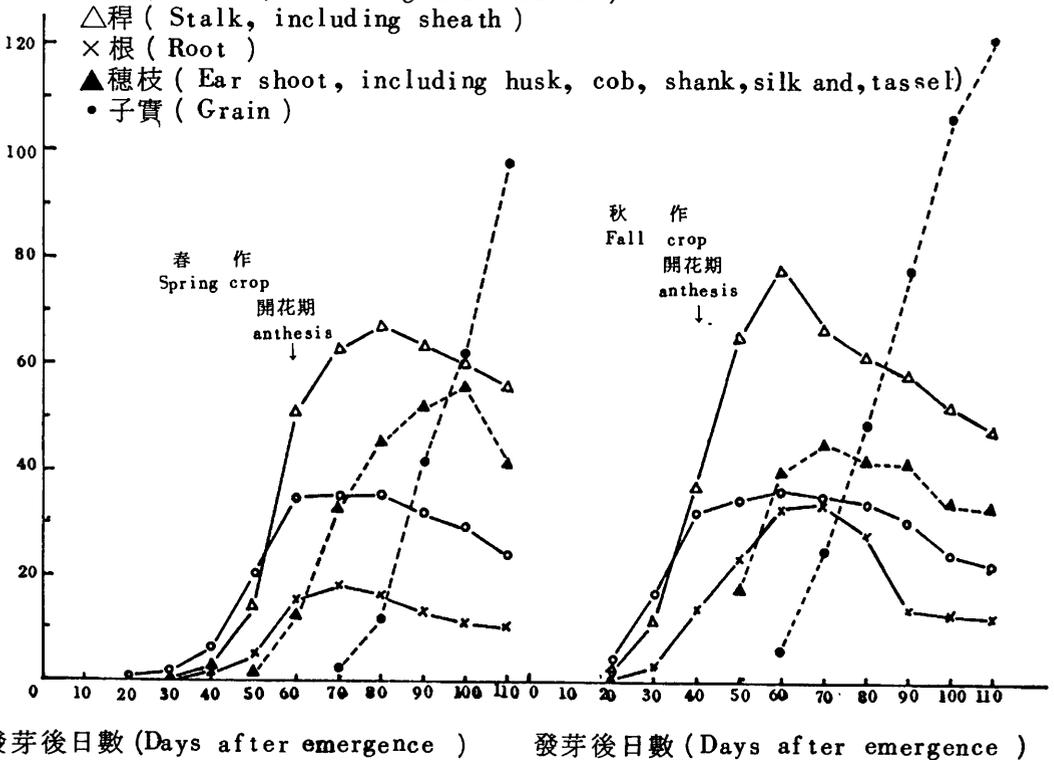
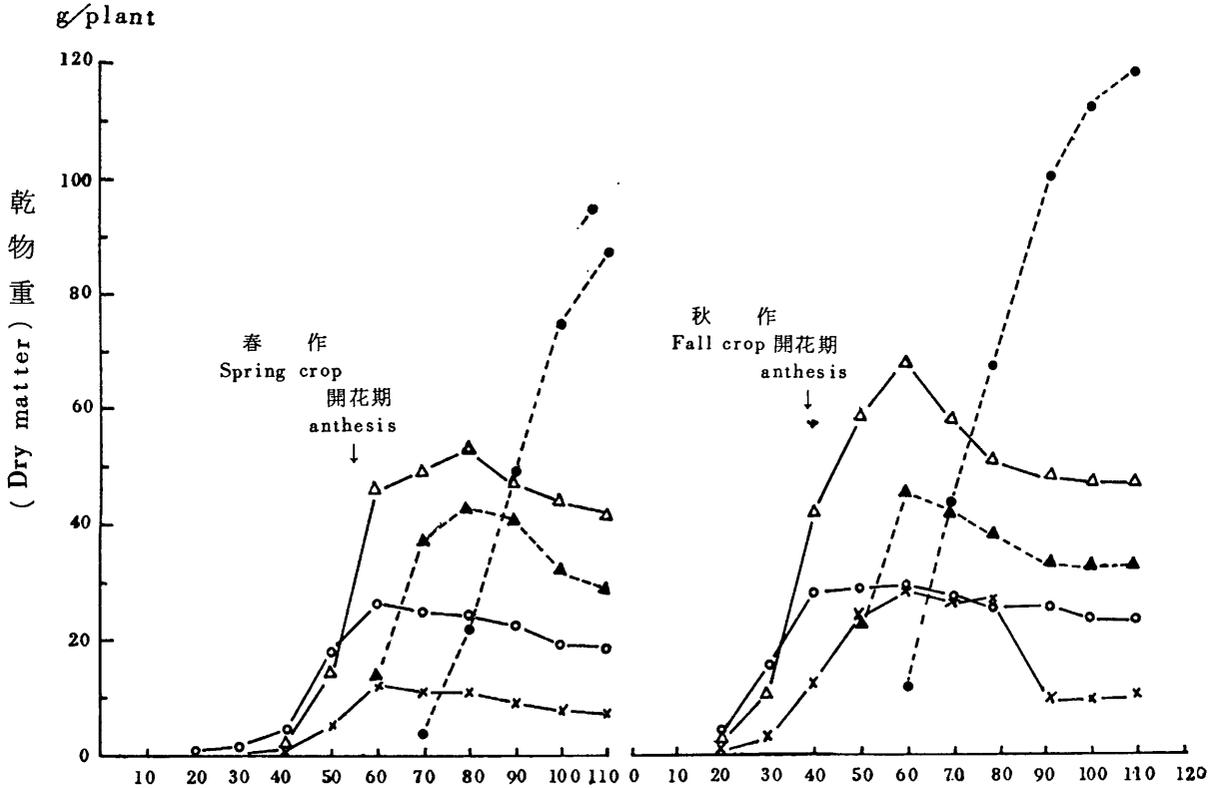


圖 5-2 71 年玉米台南育六號不同時期之植株各部位間乾物重之變化

Fig.5-2 Growth process of Tainan-yu No. 6, 1982

- 葉 (Leaves, including dead leaves)
- △ 稈 (Stalk, including leaf sheath)
- × 根 (Root)
- ▲ 穗數 (Ear shoot, including husk, cob, shank, silk and, tassel)
- 子實 (Grain)



發芽後日數 (Days after emergence) 發芽後日數 (Days after emergence)

圖 5-3 71 年玉米台南十一號不同時期之植株各部位間乾物重變化

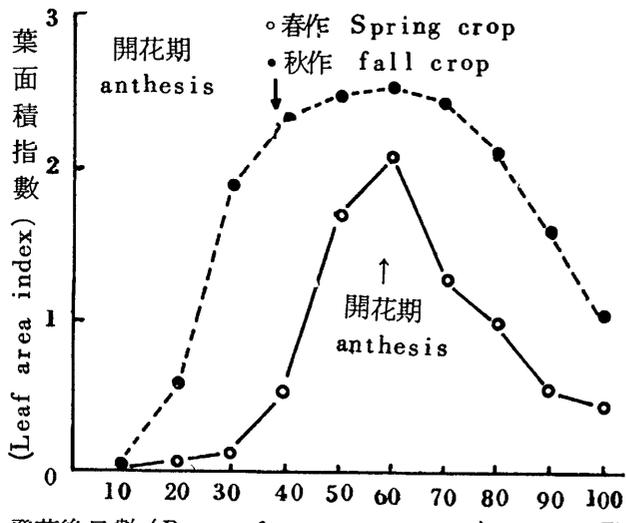
Fig.5-3 Growth process of Tainan No. 11, 1982

八、葉面積指數 (LAI) 的變異：

各品種在不同生育期調查之 LAI 列如圖 6~1, 2, 3，就期作而言知 LAI 在整個生育期中是隨著生育日數而漸遞上升，達到最高值後，漸次下降；秋作的 LAI 在全生育期中比春作為高，尤其是生育初期，秋作正好是遇著高溫，故葉面積急驟上升，後期低溫 LAI 下降速度却較緩慢，春作正相反，初期 LAI 緩慢上升達最大值後急驟下降。

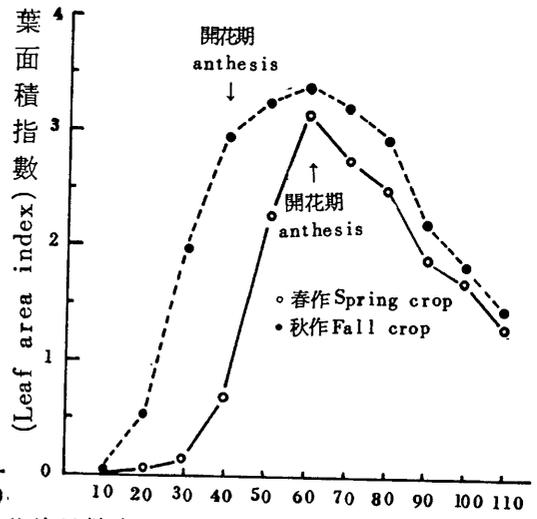
就品種而言，供試品種間生育初期 LAI 差異較小，至膝高期 (Knee high stage)，抽穗期 (anthesis stage) 時，各個品種間就表現不同的差異。在不同期作間，以台南育六號之 LAI 最高 (春作 3.15，秋作 3.39)，台南十一號次之 (春作 2.40，秋作 2.58)，台南五號最低 (春作 2.09，秋作 2.56)。

概言之，春作的 LAI 曲線為尖峯，秋作為平峯。



發芽後日數 (Days after emergence)
圖 6-1 71 年玉米台南五號生育期間葉面積指數之變化

Fig6-1 Leaf area index (LAI) at different growth stages of Tainan No. 5, 1982



發芽後日數 (Days after emergence)
圖 6-2 71 年玉米台南育六號生育期間葉面積指數之變化

Fig6-2 Leaf area index (LAI) at different growth stages of Tainan-yu No. 6, 1982

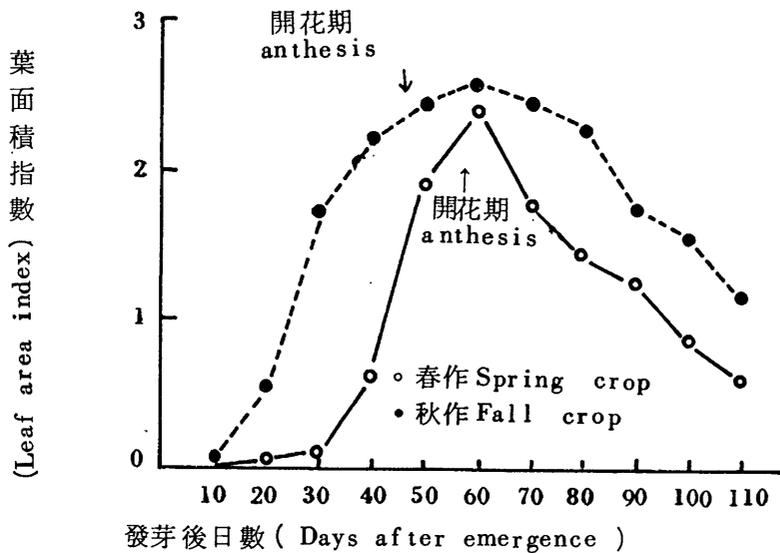


圖 6-3 71 年玉米台南十一號生育期間葉面積指數之變化

Fig 6-3 Leaf area index (LAI) at different growth stages of Tainan No. 11, 1982.

九、葉面積指數(LAI)與玉米子實產量的關係：

LAI 與子實乾物重的關係，列於圖 7-1, 2, 3, 可知開花後 20~50 天為子實有效充實期 (the effective filling stage)，成一直線 (linear) 之關係，本試驗供試品種在子實充實期呈同一趨勢 (trend)。

就期作而言，春作之 LAI 在開花 (anthesis) 後，急驟下降，秋作下降緩慢，子實有效充實期間，春作之 LAI (Source) 已不足供應碳水化合物至子實 (Sink) 上，但秋作仍保持較大 LAI，有足夠之碳水化合物供應給子實，即秋作保持著後期強勢型 (Late vigor)，故產量亦高。

就品種而言，供試品種中以台南育六號具較大之 LAI，台南十一號次之，台南五號最低，即較高潛力的品種應具有較高之 LAI，對子實的充實方較為有利。

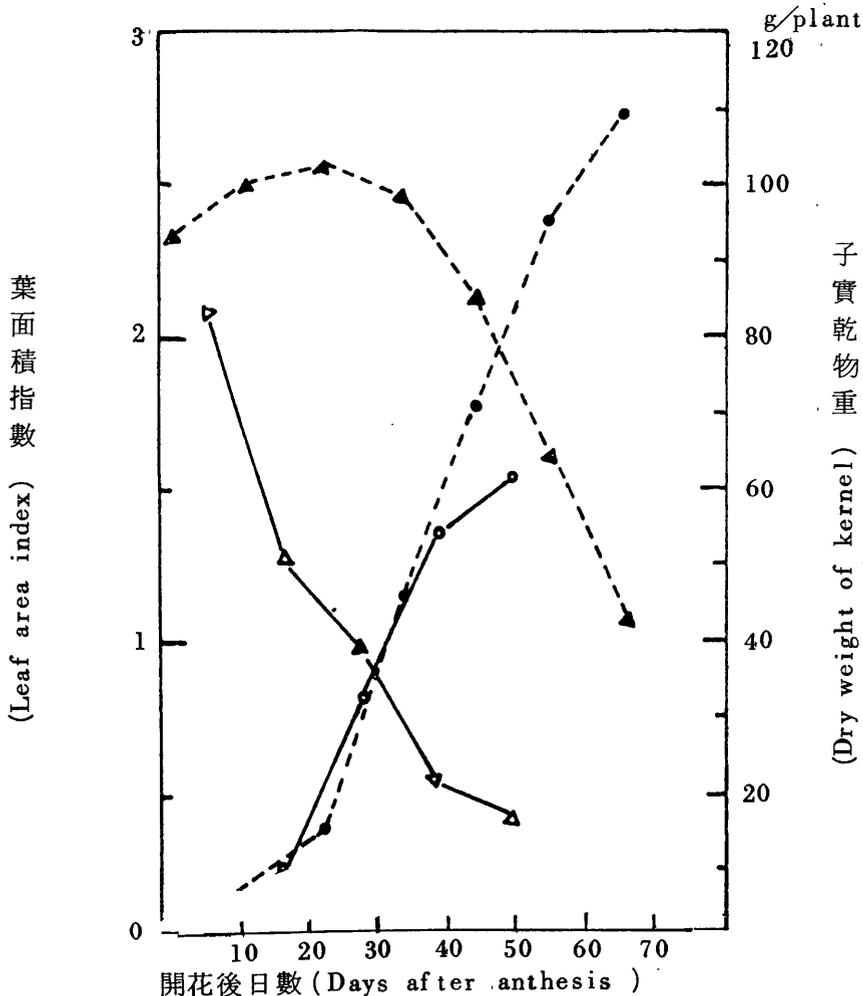


圖 7-1 71 年玉米台南五號抽穗後之葉面積指數與子實產量變化
(△—葉面積指數，○—乾物重，空心—春作，實心—秋作)

Fig. 7-1 Variation in leaf area index and grain dry weight after anthesis in Tainan No. 5, 1982.
(△ - leaf area index, ○ - dry matter, hollow - Spring crop, Solid - Fall crop)

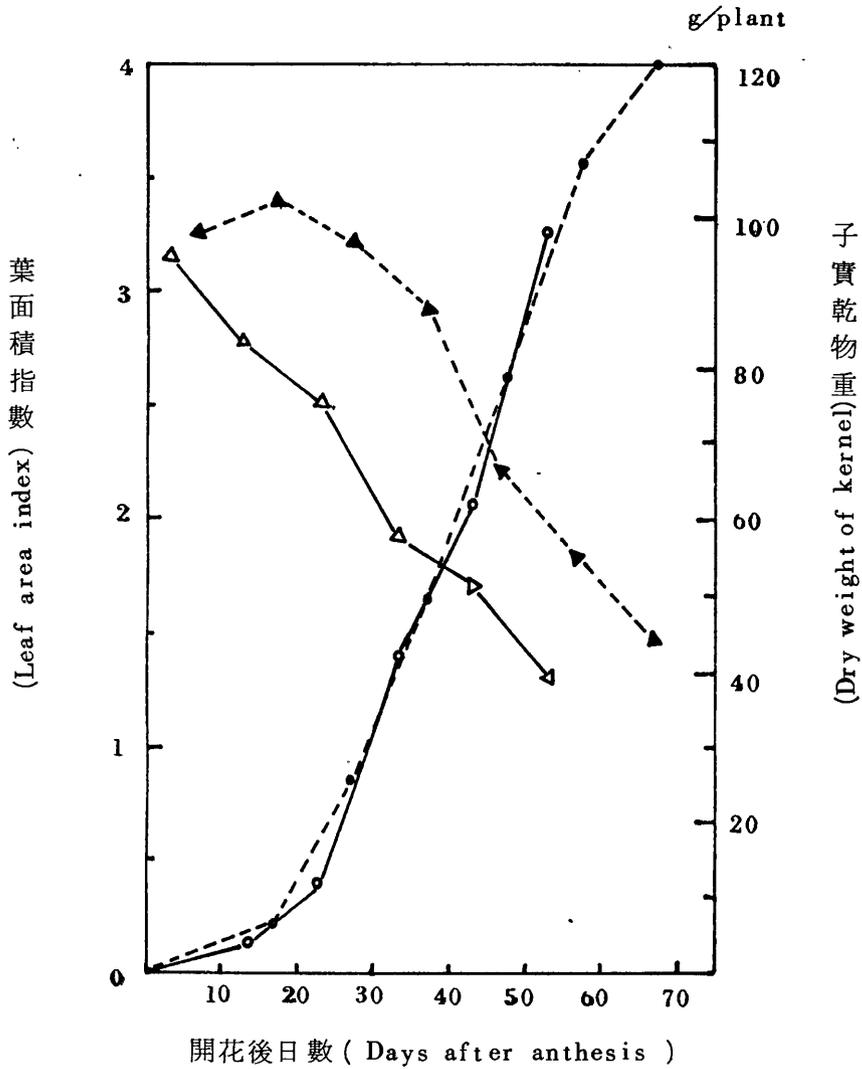


圖 7-2 71 年玉米台南育六號抽穗後之葉面積指數與子實產量變化
 (△-葉面積指數, ○-乾物重, 空心-春作, 實心-秋作)

Fig.7-2 Variation in leaf area index and grain dry weight after anthesis
 in Tainan-yu No. 6, 1982.

(△-leaf area index, ○-dry matter, hollow-Spring crop, solid-Fall
 (do do

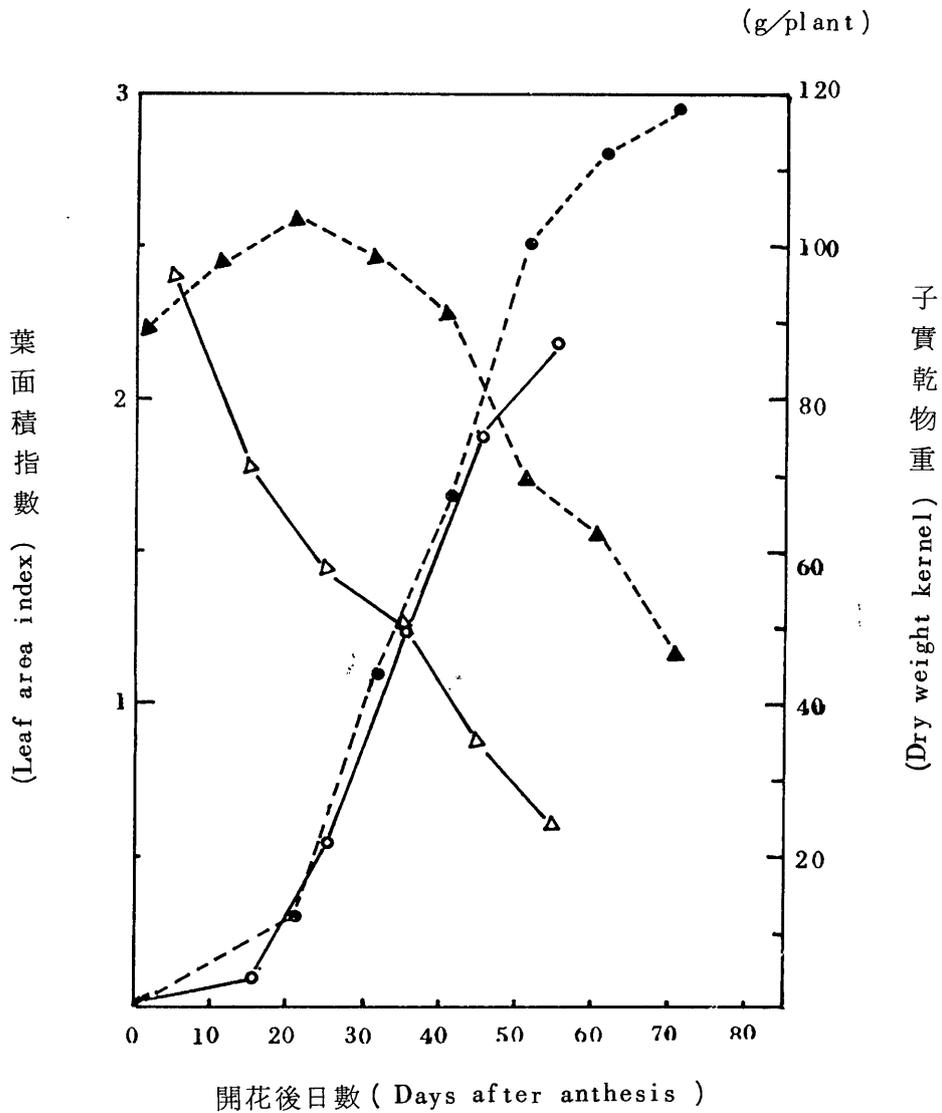


圖 7-3 71 年玉米台南十一號抽穗後之葉面積指數與子實產量變化
 (△-葉面積指數, ○-乾物重, 空心-春作, 實心-秋作)

Fig.7-3 Variation in leaf area index and grain dry weight after anthesis
 in Tainan No. 11, 1982.

(△-leaf area index, ○-dry weight, hollow-Spring crop, solid-Fall
 crop)

十、作物生長速率(CGR, g/m²/day)之變異：

各品種之作物生長速率列如圖 8~1, 2, 3，就期作而言，可知春作之 CGR 於發芽後 60 天左右達到最高峯，秋作於 40 天左右達到最高峯，春作的 CGR 在開花至雌穗形成期間比秋作為高；生育初期秋作之 CGR 比春作為高，進入生育盛期時秋作 CGR 有急驟下降之趨勢，尤其在發芽後 60~70 天，但春作的 CGR 下降則較緩慢。

就品種而言，較高產的台南育六號具較高的 CGR，（春作最大 CGR 值 40.68 g/m²/day，秋作 31.63 g/m²/day），台南十一號次之，（春作最大 CGR 值 33.39 g/m²/day，秋作 29.58 g/m²/day），台南五號最低，（春作最大 CGR 值 28.46 g/m²/day，秋作 25.26 g/m²/day），示 CGR 為決定乾物重及子實產量高低的一種介量（parameter）。

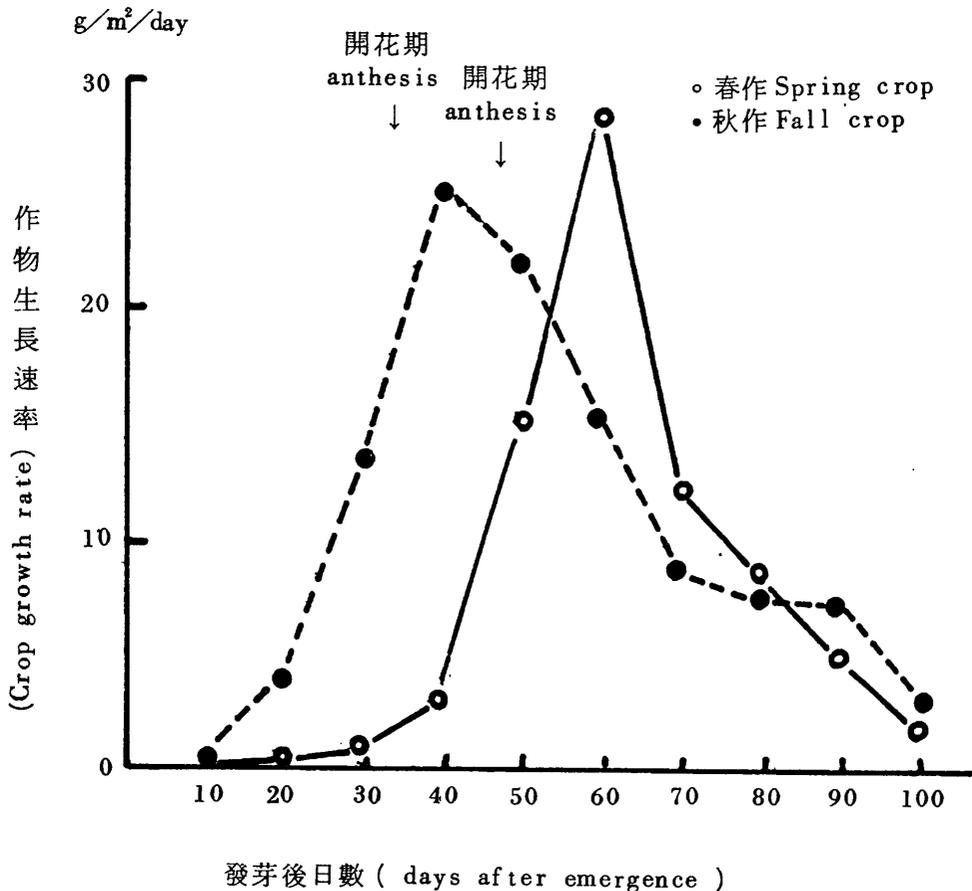


圖 8-1 71 年玉米台南五號生育期間作物生長速率之變化 (g/m²/day)
Fig8-1 Crop growth rate (CGR) at different growth stages of Tainan No. 5, 1982.

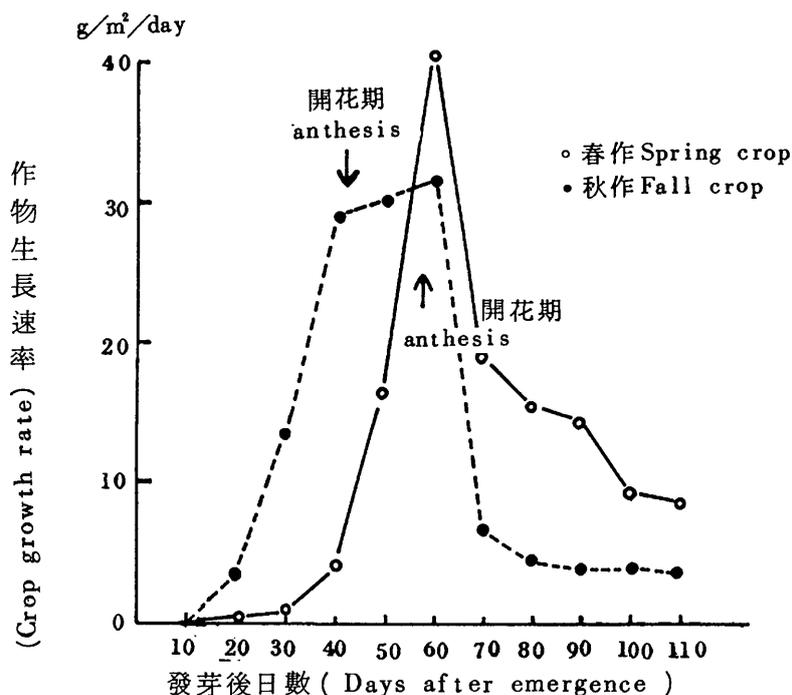


圖 8-2 71 年玉米台南育六號生育期間作物生長速率之變化 ($g/m^2/day$)
Fig.8-2 Crop growth rate (CGR) at different growth stages of Tainan-yu No 6, 1982.

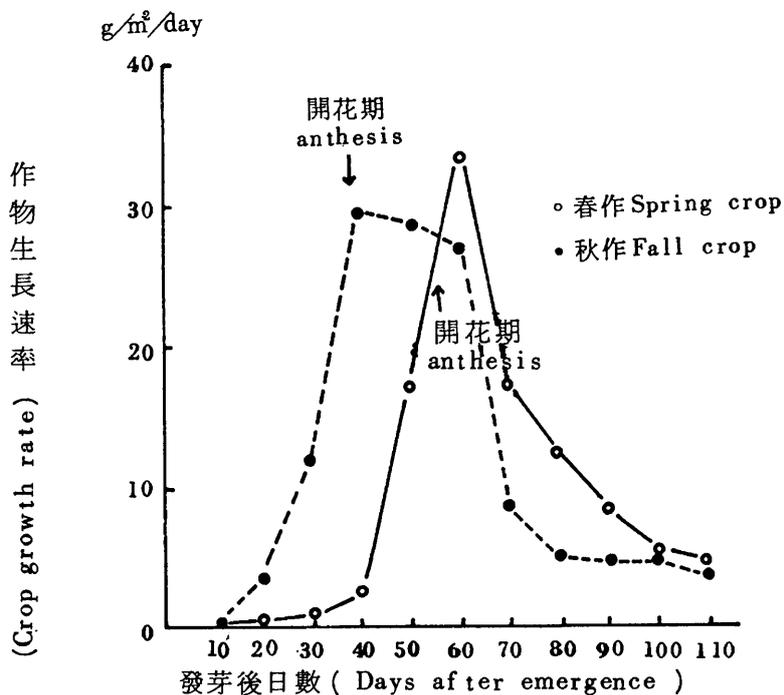


圖 8-3 71 年玉米台南 11 號生育期間作物生長速率之變化 ($g/m^2/day$)
Fig.8-3 Crop growth rate (CGR) at different growth stages of Tainan No 11, 1982.

十一、葉面積指數 (LAI) 與作物生長速率之關係：

LAI 與 CGR 之關係列如圖 9~1，可知春作全生育期的 LAI 與 CGR 的相關係數 $r=0.912$ 2^{**} 呈極顯著的正相關，秋作亦呈極顯著的正相關，二者之相關係數 $r=0.69^{**}$ ，示葉面積的多寡能決定玉米乾物質（產量）的大小。圖 9~2 示春作不同時期之 LAI 與 CGR 的關係；生育初期二者間之相關係數 $r=0.98^{**}$ ，生育盛期 $r=0.75^{**}$ ，生育後期 $r=0.95^{**}$ ，即玉米不論在任何時期，葉面積的大小皆能影響乾物質的生成。春作生育後期溫度高且葉片老化快速，有必要保持一段較長的葉面積指數，如台南育六號的葉面積在後期皆保持相當高，故產量亦高。秋作生育後期台南育六號之葉面積保持相當高，故乾物質（產量）亦最高。

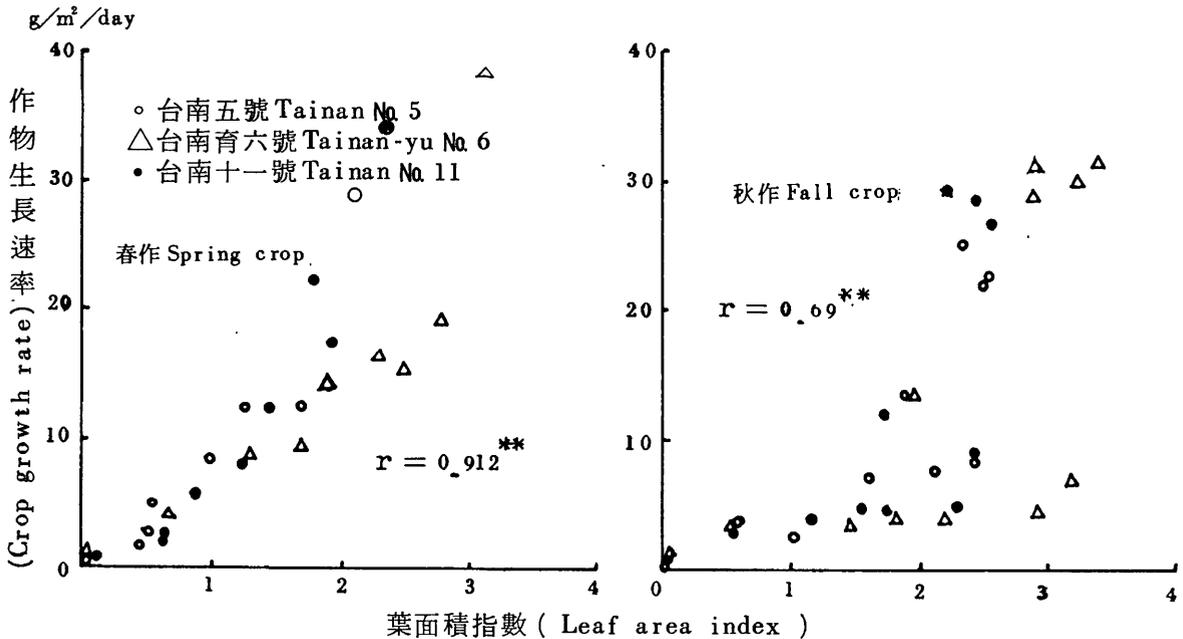


圖 9-1 71 年玉米生育期間葉面積指數與作物生長速率之關係
 Fig.9-1 Relationship between leaf area index and crop growth rate in corns, 1982.

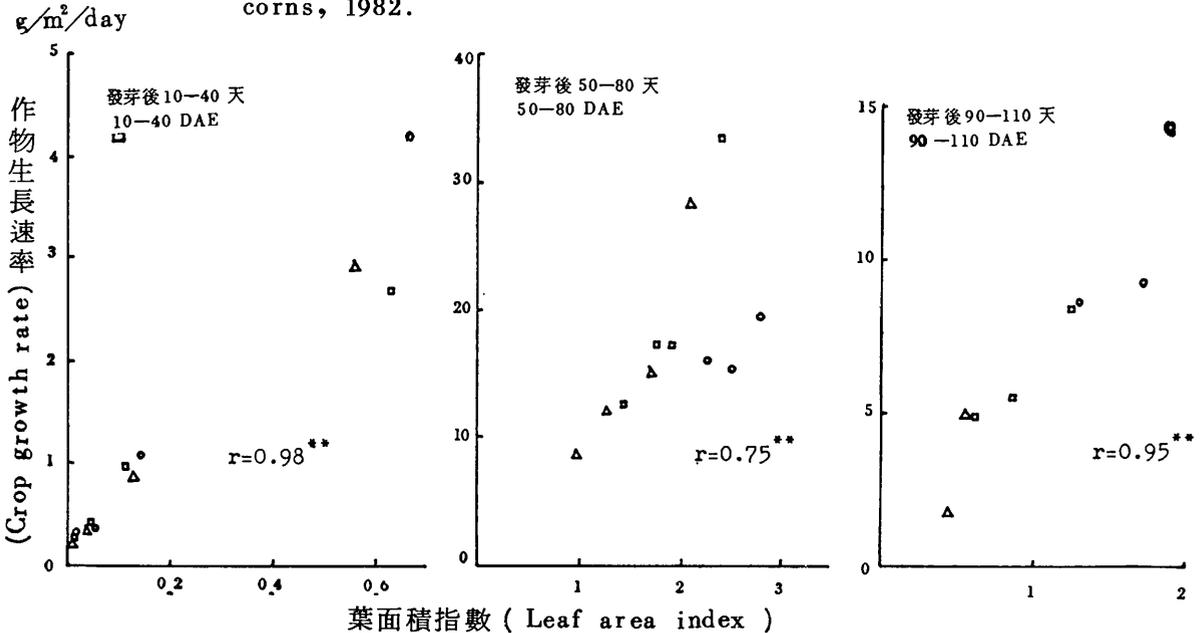


圖 9-2 71 年春作玉米生育期間葉面積指數與作物生長速率之關係
(\triangle -台南五號, \circ -台南育六號, \square -台南十一號)

Fig.9-2 Relationships between leaf area index (LAI) and crop growth rate (CGR) in corns, spring crop, 1982.

(\triangle -Tainan No. 5, \circ -Tainan-yu No. 6, \square -Tainan No. 11)

十二、葉與子實之相對生長速率(RGR,g/g/day)：

葉與子實之 RGR 調查結果列如圖 10~1, 2, 3, 可知生育初期, 秋作葉之 RGR 大於春作, 開花盛期則葉之 RGR 低於春作; 子實形成初期之 RGR 秋作大於春作, 但子實在有效充實期 (effective filling stage) 之 RGR 春作大於秋作。春作時台南育六號葉及子實之 RGR 最大, 台南十一號次之, 台南五號最低。秋作供試品種間葉之 RGR 差異不大, 但較高產之台南育六號子實之 RGR 較大, 台南十一號次之, 台南五號最低。

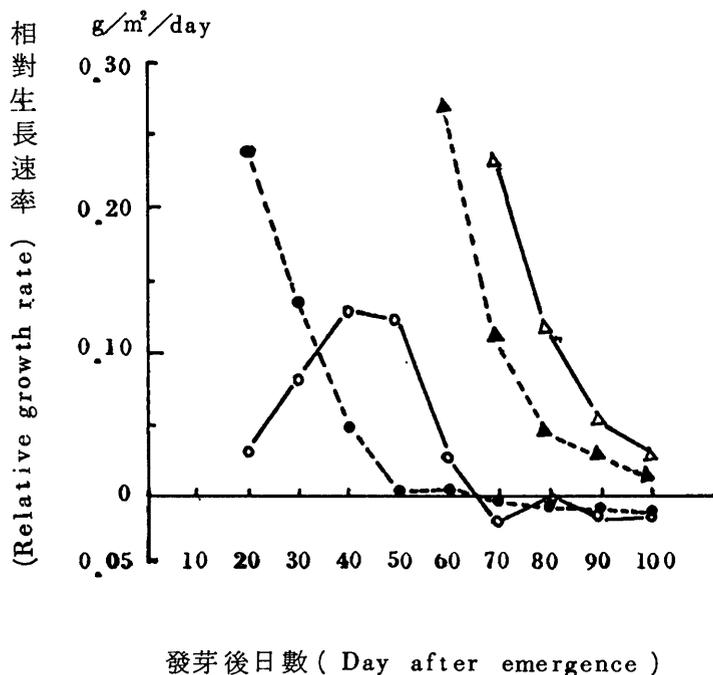


圖 10-1 71 年台南五號生育期間葉與子實之相對生長速率
(\circ -葉, \triangle -子實, 空心-春作, 實心-秋作)

Fig.10-1 The relative growth rate (RGR) of leaf and grain of Tainan No. 5 under two different crop seasons in 1982.

(\circ -leaf, \triangle -kernel, hollow-spring crop solid-fall crop)

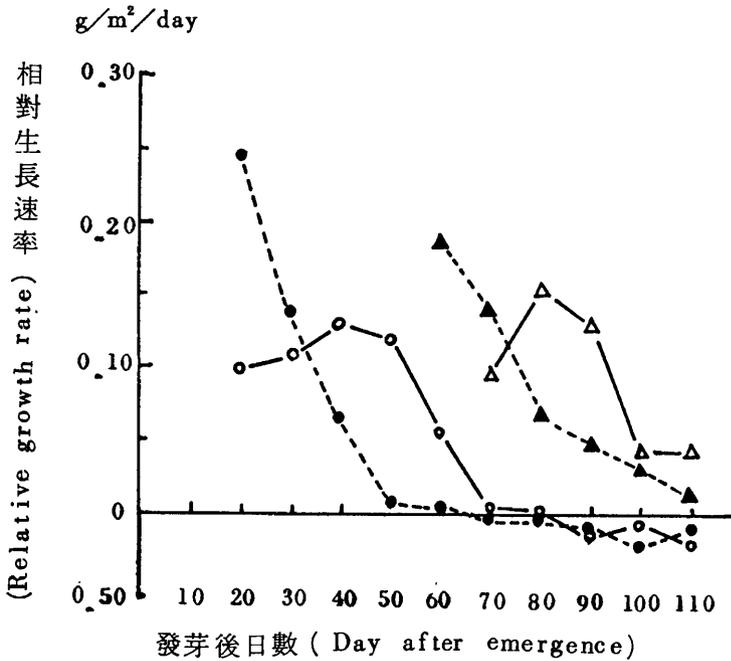


圖 10-2 71 年台南育六號生育期間與子實相對生長速率
 (◯-葉, △-子實, 空心-春作, 實心-秋作)
 Fig.10-2 The relative growth rate (RGR) of leaf and grain of Tainan-yu No. 6
 under two different crop seasons in 1982.
 (◯-leaf, △-kernel, hollow-spring crop, solid-fall crop)

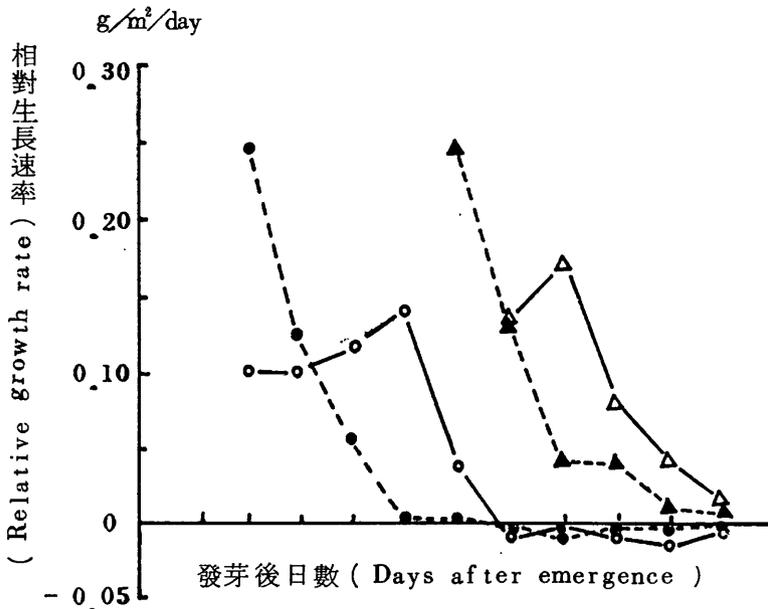


圖 10-3 71 年台南十一號生育期間葉與子實之相對生長速率
 (◯-葉, △-子實, 空心-春作, 實心-秋作)
 Fig.10-3 The relative growth rate (RGR) of leaf and grain of Tainan No. 11
 under two different crop seasons in 1982.
 (◯-leaf, △-kernel, hollow-spring crop, solid-fall crop)

十三、淨同化速率(NAR, $g/m^2/day$) :

各品種不同生育期之NAR列於圖11~1,2,3,可知NAR隨著生育日數增加而減少,尤其在開花後,秋作之NAR急驟下降,春作之NAR却下降緩和;秋作生育初期(發芽後20天)之NAR比春作高,其他各個時期之NAR春作比秋作高。春作供試品種以台南十一號,台南五號之NAR較高,台南育六號最低,秋作時以台南十一號之NAR最高,台南育六號次之,台南五號最低。

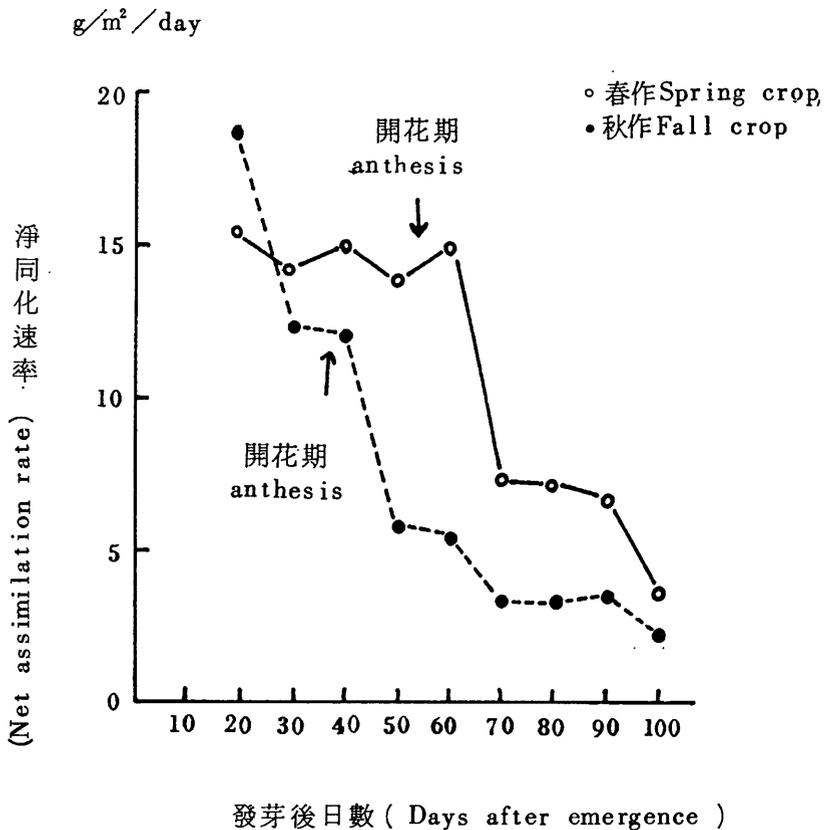


圖11-1 71年玉米台南五號生育期間淨同化速率之變化 ($g/m^2/day$)

Fig11-1 Net assimilation rate (NAR) at different growth stages of Tainan No. 5, 1982.

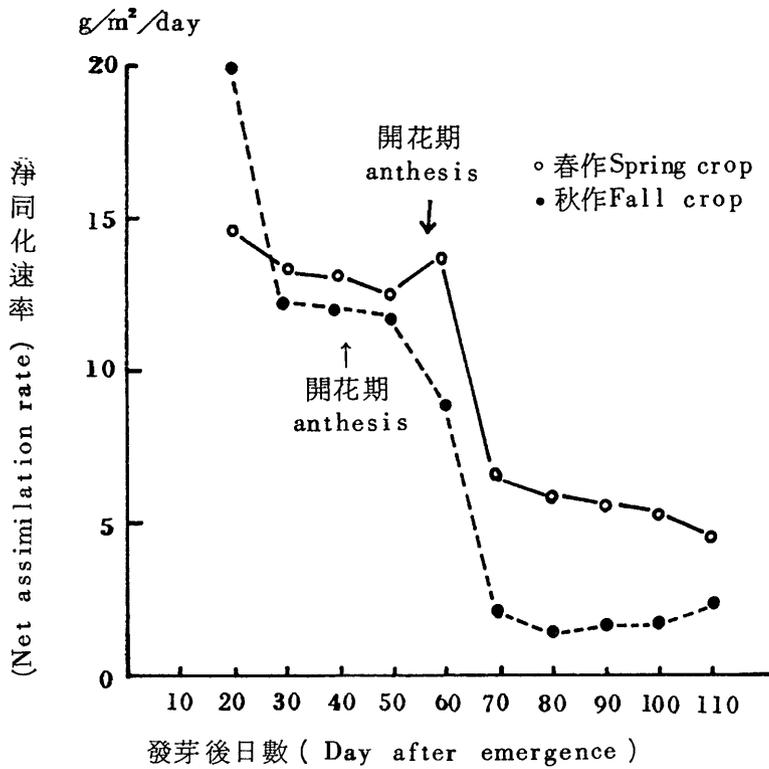


圖 11-2 71 年玉米台南育六號生育期間淨同化速率之變化 ($g/m^2/day$)
 Fig11-2 Net assimilation rate (NAR) at different growth stages of Tainan-yu No. 6, 1982.

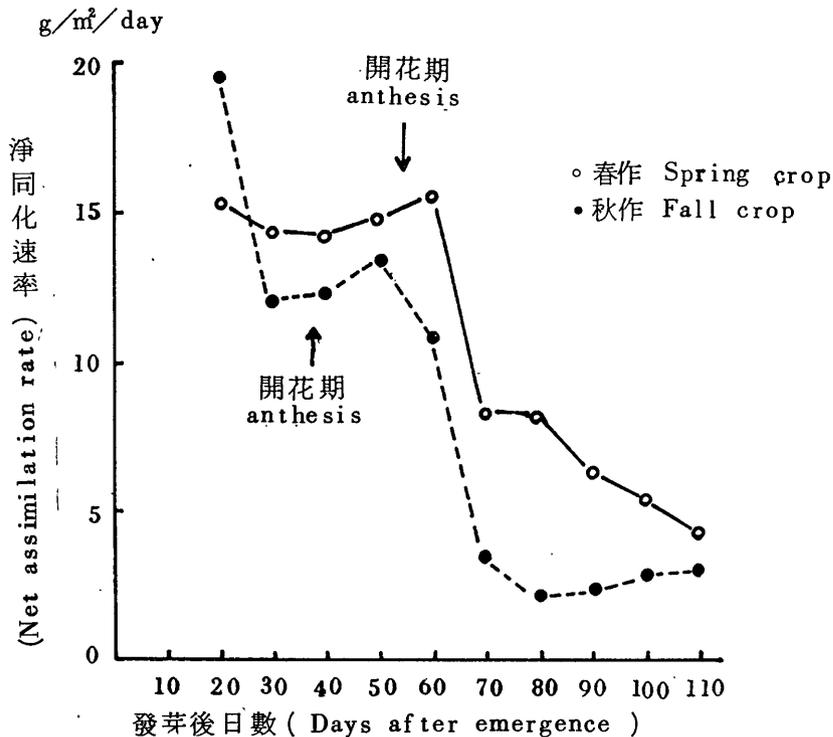


圖 11-3 71 年玉米台南 11 號生育期間淨同化速率之變化 ($g/m^2/day$)
 Fig.11-3 Net assimilation rate (NAR) at different growth stages of Tainan No. 11, 1982.

十四、葉面積指數(LAI)與淨同化速(NAR)的關係：

供試品種(台南五號、台南育六號、台南十一號)在不同期作(春、秋)之葉面積指數與淨同化速率之關係(圖12)，二者之相關係數 $r = -0.307^*$ 呈顯著的負相關，即LAI值增加時，玉米之光合效率則降低，估計LAI=1.1時，NAR為 $10\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ 。

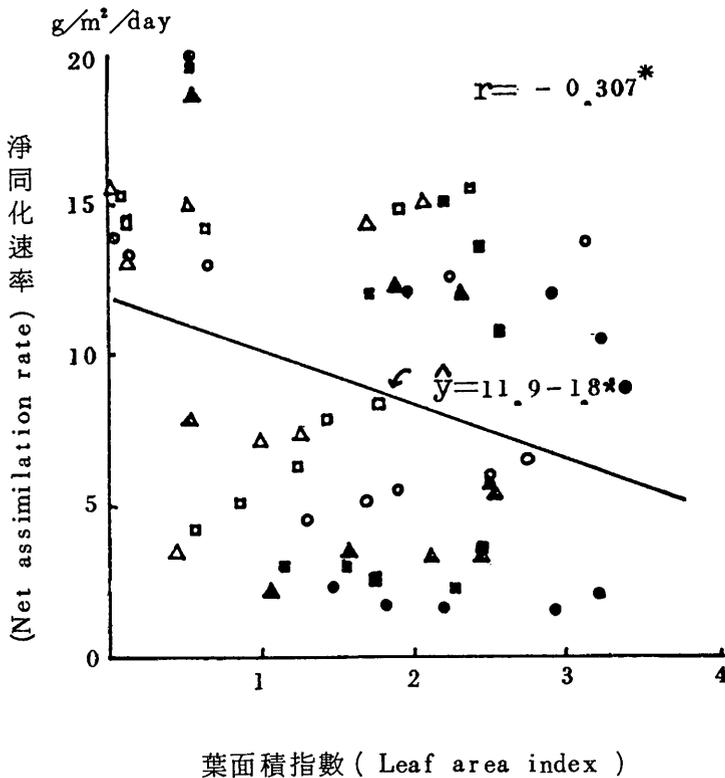


圖 12 71 年玉米品種葉面積指數與淨同化速率之關係

(Δ -台南五號， \circ -台南育六號， \square -台南十一號，空心-春作，實心-秋作)

Fig.12 Relationship between leaf area index (LAI) and net assimilation rate (NAR) in corns, 1982. NAR at LAI 1.1=10

(Δ -Tainan No 5, \circ -Tainan-yu No 6, \square -Tainan No 11, Hollow-Spring crop, Solid-Fall crop)

十五、著穗稈徑與穗長之關係：

玉米品種著穗稈徑與穗長之關係列如表 4，知春作著穗稈徑(寬的部份)與穗長的相關係數 $r = 0.436^{**}$ ，呈極顯著的正相關，亦即著穗稈徑能影響玉米果穗的長度，估計著穗稈徑的寬度乘於 10，即為果穗的長度；故在栽培或育種方面如何提高稈的寬度亦為玉米增產的可行之途。

表 4 71 年春作玉米着穗稈徑 (寬的部份 x) 與穗長 (y) 之關係
 Table.4 Association of stalk width (x) and ear length (y) in corn varieties,
 Spring corp 1982.

品 Entries	種 相 關 係 數 Coefficiene of correlation	直 線 迴 線 方 程 式 Linear regression equation	調 查 株 數 n
台 南 五 號 Tainan No. 5	0.555 **	$y = 2.71 + 0.82 x$	200
台 南 育 六 號 Tainan-yu No. 6	0.366 **	$y = 10.67 + 0.38 x$	320
台 南 十 一 號 Tainan No. 11	0.399 **	$y = 7.88 + 0.53 x$	320
合 計 (Sum)	0.436 **	$y = 7.88 + 0.53 x$	840

討 論

玉米子實產量與生長初期之每日平均氣溫及降雨量呈正相關存在，亦即是生長初期之高溫，多濕對子實產量有利⁽⁴⁾，由本試驗玉米生育期之氣象因子可知秋作初期之高溫、多濕、高日照對產量較有利，春作初期之低溫、寡日照對產量較不利。玉米之吐絲期至授粉期之空氣濕度與降雨量對產量有利⁽⁴⁾，但高溫則不利，春作吐絲初期至授粉期之平均濕度略低於秋作，不利於玉米子實的產量，春作後期之高溫更不利於產量的增加，而秋作後期之低溫則利於產量的增加。不利於秋作產量的因子為抽穗後之少日照，不利於春作產量的因子為抽穗後期之高溫、多雨。玉米欲得到高產量，秋作必須播種至抽穗期之高溫與子實充實期之高日照及春作抽穗後之低溫、多濕、高日照等配合良好方可。

概言之，花蓮地區栽培玉米秋作初期之高溫、多濕對子實產量有利，但後期之少日照則不利，春作初期之低溫、後期之高溫均不利於子實產量之增加。

春作由於初期的溫度低故生育較慢，抽穗與吐絲期皆比秋作為長，乾物重累積能力亦較秋作為低。玉米之收量與乾物重呈極高之正相關 (Tanaka, 1972)，由本試驗得知其二者間之相關係數 $r=0.909^*$ 呈顯著之正相關，秋作之乾物重累積能力高，故產量亦比春作為高。

玉米植株各個不同部位器官競爭能力以秋作較春作為高，台南育六號在不同時期之葉、根、穗枝及子實等乾物重在供試品種中為最高。秋作開花後葉面積保持一段相當長的期間 (duration)，這段期間正是子實有效充實期 (effective filling stage)，因葉有足夠的碳水化合物供應給子實，故子實產量亦高，與高⁽³⁾謂抽穗後之葉面積方與穀粒產量有關不謀而合；高產之台南育六號開花後子實充實期間保持較高的 LAI，故其產量亦最高。

LAI 與 CGR 之相關係數，春作 $r=0.912^{**}$ ，秋作 $r=0.69^{**}$ ，即葉面積的多寡能決定作物乾物重 (產量) 的大小⁽⁷⁾，高 CGR 對作物產量⁽⁹⁾較為有利！台南育六號具較高之 CGR，故產量亦高。

作物群落 (Community) 之乾物生長量受作物生長速率 (CGR) 之支配，CGR 之大小又受 LAI 與 NAR 之影響， $CGR = LAI \times NAR$ 。作物生長速率在開花吐絲期 (anthesis ~ Silking) 間 CGR 為最高，乃因 LAI 值及 NAR 值在此時達到最高峯，吐絲期後 CGR 急驟下

降，乃因 NAR 在吐絲後下降物別快之緣故。NAR 在吐絲後下降急驟之原因乃受了葉片相互遮蔭 (mutual shading)，LAI 值增大 (LAI 與 NAR 之相關係數 $r = -0.307^*$)，葉之光合作用活性隨著生育日數之增加而降低⁽⁸⁾，後期之寡日照 (秋作) 及葉片之老化等影響，春秋作產量的差異乃是受了 CGR，LAI 與 NAR 之不同所致，春作生育初期之 CGR 較秋作低，乃因受了 LAI 值之影響，開花期後之 CGR 較高，乃因具有較高之 NAR，春秋作產量的差異乃是受了 CGR、LAI 與 NAR 三者之不同所致。較高產之台南育六號具較高之 LAI 與 CGR，但 NAR 則較低，NAR 之高低與產量無關⁽³⁾，故栽培上如何提高作物 CGR 與 LAI 亦為增產之途徑。

玉米根之春秋作差異很大，秋作根之乾物重比秋作約大 2 倍，較高產潛能台南育六號之根重亦為最大，至目前為止，尚無人做此方面的研究，或許秋作產量比春作為高，根乾物重之差異佔著很大的因素。

由葉及子實之 RGR 變化而言，發現進入子實充實期時，秋作葉之 RGR 已顯著降低，但春作葉之 RGR 下降較緩和，示春作葉之同化物質轉流至子實的效應比秋作為高。較高產潛力的台南育六號，春作葉之 RGR 及子實 RGR 皆比台南十一號及台南五號為高。示台南育六號在子實有效充實期間，葉有較多的碳水化合物配置至子實上，即光合產物配置至子實的效應以台南育六號最高，故產量亦高，秋作供試品種葉之 RGR 差異不大，但子實之 RGR 以台南育六號最高，示子實碳水化合物之來源不僅是從葉轉流過來，並且從其他部位如稈、葉鞘亦有轉流至子實上；關於在子實有效充實期間葉、葉鞘、稈之碳水化合物如何分配到子實上及分配的比例、各部位器官競爭碳水化合物的能力等問題，實有待進一步探討之必要。

概言之，在花蓮地區栽培玉米春作增產的可能途徑似為：(一)開花後增加 LAI 值。(二)生育初期 CGR 值的提高。秋作增產的可能途徑為：(一)生育後期保持較高之 CGR。(二)生育期維持較高的 NAR。(三)增加葉之 RGR 量，即增加葉之碳水化合物配置至子實上，及春秋作栽培玉米應提高稈徑的寬度。

參 考 文 獻

1. 台灣省花蓮區農業改良場，1983，年報 (民國 72 年)，84 P.
2. 盧英權，1966，玉蜀黍，「食用作物學」pp92~116，台中、台灣。
3. 高景輝、湯文通，1978，葉片生長之生理「植物生長與分化」pp140~157，國立台灣大學農學院。
4. 林安秋，1980，氣候及生長季節與台灣雜糧增產、科學農業 28(1-2):13~24。
5. 黃俊彬，1982，落花生之生長分析及石灰施用對其產量構成要素之影響。國立中興大學糧食作物研究所、碩士論文。
6. 洪梅珠，1982，玉米產量形成過程在春秋期作之變異，中華農學會報新 125:61~70。
7. 秋山侃，1975，トウモロコシの物質生産しz關する研究，92p (油印本)。
8. Murata Y. 1975. Comparison of Growth characteristics between Species. In "Crop productivity and Solar energy utilization in Various climates in Japan" Volume 11. pp221-233, Tokyo.
9. Sestak, J. Catsky & P.G. Jarvis, 1971, Methods of growth analysis. In "Plant photosynthetic production, Manual of methods" pp343-391.