

大豆生殖生長期葉片光合作用能力與產量關係之研究 ()¹

張建生²

摘要

為瞭解不同葉型大豆在花蓮特殊之低日射量環境下，葉片光合率與產量間之關係，80年夏作繼續利用花蓮一號(闊葉)×高雄選十號(狹葉)之後裔(F₆與F₇)，分為狹葉(5品系)及闊葉(5品系)二群，於生殖生長期分別測其第四節位(自頂端算起)葉片光合率、葉片性狀、生物量及產量，並探討其間關係。結果顯示，狹葉品系葉片光合率較闊葉品系為佳，而狹葉品系之葉面積與葉片光合率呈顯著正相關，生殖生長期狹葉型之葉片厚度與葉面積間均呈顯著正相關，闊葉型則呈負相關之趨勢。狹葉品系之葉片較厚，且葉片葉綠素含量於R₆期時仍能維持較高水準(與同生育期闊葉型品系比較)。子粒充實末期(R₅)兩種葉型葉片光合率仍維持較高水準(狹葉品系甚至超過R₁期)主要原因是植株在R₅期前受強風影響，植株部份葉片受損造成供源減少，因此在R₅葉片光合率並未下降。葉片光合率與產量之間狹葉型品系在各生育期均呈顯著正相關，闊葉型品系除R₁期外，亦呈現正相關之趨勢，另外，狹葉型品系之葉面積與葉片光合率及產量間均呈正相關，而闊葉型品系則不一定。狹葉及闊葉型品系平均產量分別為37.4±7.9及27.7±4.3克/株，狹葉品系產量較高之原因主要為子粒充實期(R₆)其葉片仍能維持較高之光合率，上述結果顯示今後花蓮地區大豆育種應選拔葉面積較大，葉片光合率高之狹葉品種，以增進其大豆生產潛力。

〔關鍵字：大豆、二氧化碳交換速率、比葉重、葉綠素含量、葉片厚度、葉面積〕

¹花蓮區農業改良場研究報告第78號，本研究部份經費承行政院農業委員會(號碼：81農建-12.2-糧-31)及中正基金(80中基-農-5)補助，謹致謝意。

²花蓮區農業改良場副研究員。

前言

作物品種改良進行選拔之際，最好直接找尋與產量相關之性狀，始能有效的選出高產後裔。大豆〔*Glycine max* L. (Merr.)〕植株之光合率直接影響產量(Shibles et al., 1975)，因此葉片二氧化碳交換速率(CO₂-exchange rate, CER)應可供作大豆育種選拔之指標。植株之光合率受遺傳因子所控制，Ojima 和 Kawashima 於1970年發現大豆F₃後裔中具有較高之葉片光合率植株通常為具高光合率F₂之後裔。Wiebold 氏等(1981)及 Secor 氏等(1982)指出以葉片光合率進行選拔在高世代(F₇)較為有效。此外，植株光合率亦受葉片性狀及病蟲害之影響，Shibles 氏等於1987年指出，葉面積小且厚之葉片，含有較多之葉綠體，因此葉片光合率高於大而薄之葉片。Bourgeois 與 Boste(1992)研究，葉斑病對落花生葉片光合率之影響結果指出，與葉片感染葉斑病呈度呈直線下降之趨勢。作物生長環境不同，葉片光合作用表現能力亦異，花蓮地區日射量及日照時數每年除七、八月份外，其他月份均較同緯度之台中地區低

約 50%，據張(1991)研究指出，花蓮地區春作狹葉型大豆在低日射量 ($500 \sim 700 \mu\text{mol} / \text{m}^2 / \text{s}$) 環境下，葉片光合率較闊葉品系為高，產量表現亦佳，主要為狹葉型大豆在 R_6 期葉片仍能維持較高之光合率，為繼續探討不同葉型大豆在花蓮地區夏作之表現及其與產量之關係，以供作今後大豆育種時之參考。

材料與方法

(一)材料：花蓮一號×高雄選十號後裔 (F_6 及 F_7)，分為二群，一為狹葉型，另一為闊葉型，80 年夏作參試狹葉 5 品系 ($N_1 \sim N_5$)，闊葉 5 品系 ($B_1 \sim B_5$)，並將花蓮一號 (B_6)、花蓮二號 (B_7) (闊葉) 及高雄選十號 (N_6) (狹葉) 加入比較。

(二)方法：採逢機完全區集設計，五行區，行長 5 m，三重複，行株距 60X10cm，每重複設二小區，一區供取樣調查用另一區供調查產量。80 年夏作於 8 月 1 日播種，每公頃施肥量氮、磷、鉀為 10、60、60kg，其中磷、鉀肥全量及氮肥半量於整地前當基肥施用，餘半量氮肥在花蕾形成時當追肥施用，其他田間管理按一般標準法實施。生育期之認定按 Fehr 及 Caviness(1977)之標準，在植株進入生殖生長期後，以塑膠繩逢機標定樣本，分別於 R_1 (開花期)、 R_3 (始莢期)、 R_5 (種子充實始期)及 R_6 (種子充實末期)期，以手提式二氧化碳測定儀，每小區調查 5 株上節位(自頂端算起第四節)葉片之光合作用能力，同時以 disc 取樣，分別測定此各生育期之比葉重，葉綠素含量與葉面積、葉片厚度等(均以第四節位著生複葉之中間葉片為準)，收穫時調查農藝性狀及產量。調查方法如下：

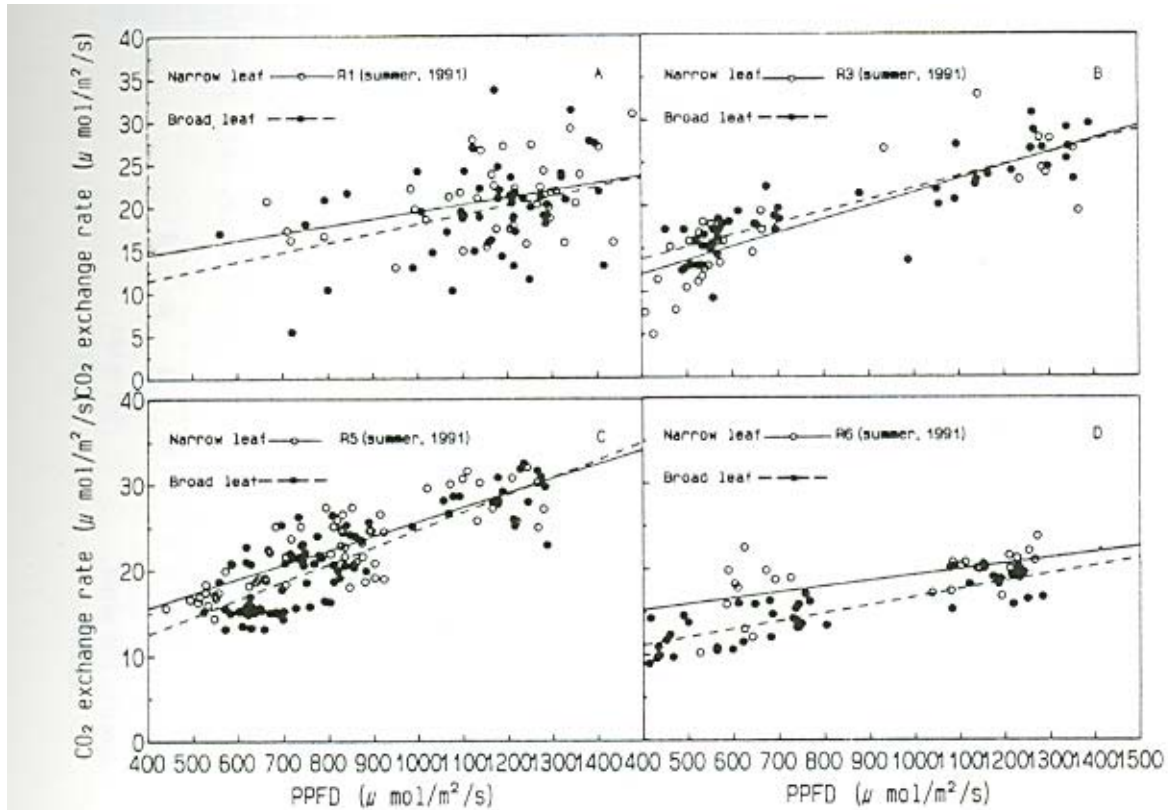
- 1.單葉光合率之測定：於各生育時期以開放式手提二氧化碳測定儀 (ADC - LCA-2)，測定上節位葉片單位時間內二氧化碳改變量。
- 2.葉綠素含量(chl)：以直徑 5 mm 之打孔器，從各參試品系植株第四節位葉片，逢機各取 10 片葉圓片，置於試管中，加 80% 甲醇 10ml，置於 70℃ 水浴中約 40 分鐘，待葉圓片呈白色後取出，置黑暗處冷卻，再以光電比色計(波長 633nm)測定吸光度 (O . D . 值)。單位面積葉綠素含量 ($\text{mg}/\text{d} \text{m}^2$) 計算公式為 $O . D . / 78.74 \times 10 \times 2 \times 0.0565$ 。
- 3.比葉重(SLW)：各參試品系植株第四節位葉片各取 20 片葉圓片，烘乾後稱重。
- 4.葉面積(LA)：使用 LI-3100 areameter 測定葉面積。
- 5.乾物量(DW)：取地上部植株，以 70℃ 烘乾 72 小時稱重。

結果

一、不同葉型大豆生殖生長期葉片光合率之變化

由圖 1 顯示，花蓮地區夏作大豆生殖生長期 ($R_1 \sim R_6$ 期) 狹葉型大豆葉片光合率大多高於闊葉型大豆，始花期 (R_1 ，圖 1 - A) 在光度較低時，狹葉型大豆之葉片光合率略高於闊葉型大豆，在高光度下，狹葉型大豆葉片光合率顯著大於闊葉型大豆。始莢期 (R_3 ，圖 1 - B) 一般而言，狹葉型大豆均顯著高於闊葉型大豆，僅當光度高於 $1200 \mu / \text{m}^2 / \text{s}$ 時，闊葉型大豆葉片光合率表現較佳，子粒充實始期 (R_5 ，圖 1 - C) 無論光度強弱，兩種葉型之

葉片光合率相近，但狹葉型大豆略高，至子粒充實末期（R₆，圖 1 - D），則以狹葉型大豆葉片光合率表現較佳。與 80 年春作所測得結果相近，春作狹葉型大豆在低光度下，生育期葉片光合率均高於闊葉型大豆，當光度增強時，僅於 R₁ 及 R₆ 期較闊葉型大豆為低。

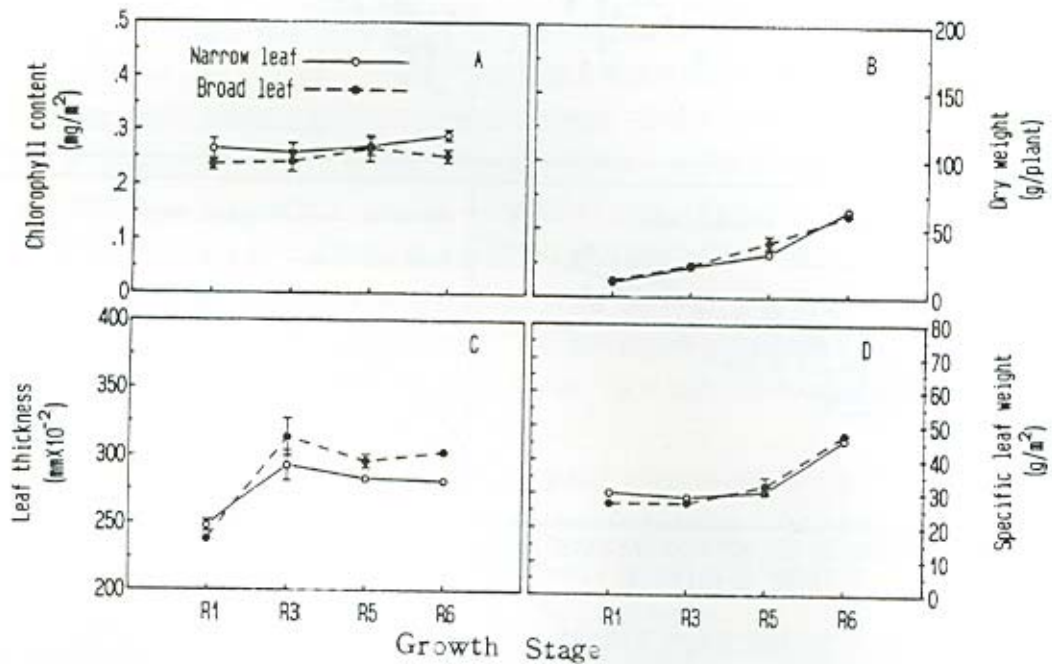


圖一、不同葉型大豆生殖生長期在不同光度之二氧化碳交換速率之變化（80年夏作）。

Fig1. CO₂ exchange rate VS photosynthesis photon flux under different density for narrow and broad leaflet lines measured on the 4th leaf during various growth stages.(summer crop, 1991)

二、不同葉型大豆生殖生長期葉片生理性狀及地上部總乾物量之變化

圖 2 顯示 80 年夏作生殖生長期不同葉型大豆葉片生理性狀之變化，葉片葉綠素（Ch1）含量（圖 2 - A）狹葉型大豆均略高於闊葉型，但差異不大，R₅ 期後，狹葉型大豆仍維持較高，闊葉型大豆則略為下降，因此，到 R₆ 期，狹葉型大豆葉片葉綠素含量明顯高於闊葉型大豆，80 年春作時生殖生長期狹葉型大豆葉片葉綠素含量略高於闊葉型，且至 R₅ 期達到最大後開始降低，以闊葉型下降速率較快。地上部植株乾物量（DW，圖 2 - B）隨生育時期逐漸增加，R₅ 期前狹葉型大豆增加較緩至隨後則增加較快，至 R₆ 期時兩種葉型乾物量相近。80 年春作植株乾物量自 R₃ 期開始直線增加且兩種葉型差異較大，以闊葉型較高，增加速率亦快。葉片厚度（LT，圖 2 - C）以闊葉型葉片較厚且以 R₅ - R₆ 期差異較顯著。80 年春作時葉片厚度隨生育期逐漸增厚，但兩種葉型差異不顯著。比葉重（SLW，圖 2 - D）兩種葉型在 R₁ 至 R₅ 期變化不大，於 R₅ 期後始迅速增加，但差異均不顯著。80 年春作比葉重從 R₁ 至 R₅ 期逐漸增加，到 R₅ 期後闊葉型大豆不再增加，而狹葉型大豆至 R₆ 期始達最高，且與闊葉型大豆差異顯著。



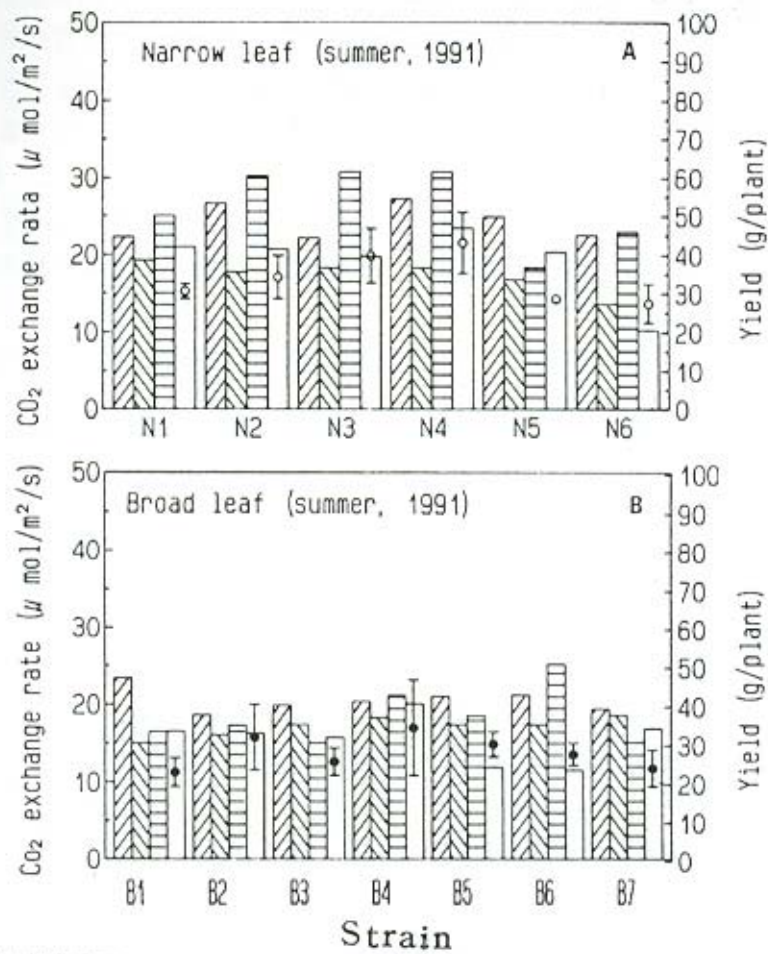
圖二、生殖生長期不同葉型大豆之葉綠素含量(A)，總乾物量(B)，葉片厚度(C)及比葉重(D)之變化。

Fig2. Changes of chlorophyll content (A), total dry weight (B), leaf thickness (C) and specific leaf weight (D) of narrow and broad leaflet lines at different reproductive stages. (the \bar{x} and σ were standard deviation of narrow and broad leaf respectively, summer crop, 1991)

生殖生長期，參試品系之葉片光合率（在淨光能產量 apparent quantum yield 約 $1200\mu\text{mol} / \text{m}^2 / \text{s}$ 時測得）之變化（圖 3），狹葉品系有兩個高峰期，一在 R₁ 期，另一在 R₅ 期（圖 3 - A），除 N₅ 此一品系外，葉片光合率在 R₅ 期達到最高峰而後下降。闊葉品系（圖 3 - B）大多在 R₁ 期達到最高（B₆ 除外，此一品系之葉片光合率亦有兩個高峰期，一為 R₁ 期，另一為 R₅ 期），而後逐漸下降至 R₆ 期。由圖 3 - A . B 得知，狹葉品系之葉片光合率在 R₆ 期能維持較高。此一變化與 80 年春作所測得之結果略有不同，春作兩種葉型大豆葉片光合率多自 R₁ 期開始逐漸下降，到 R₅ 期後急速降低，但仍以狹葉型大豆維持較高。平均產量狹葉品系為 37.7 ± 7.9 克/株，闊葉品系為 27.74 ± 4.3 克/株，狹葉型較闊葉型增產 34.7%，80 年春作狹葉型產量亦較闊葉型增產 30.2%。

三、不同葉型大豆生殖生長期葉片性狀、乾物量及其光合率與產量間之關係

由表 1 2 可知，夏作大豆生殖生長期葉片性狀、乾物量及光合率間之關係如下：狹葉型大豆葉面積（L A）大者，葉片亦較厚，闊葉型大豆則有呈負相關之趨勢，但在 80 年春作時此二種葉型之葉面積與葉厚呈負相關。狹葉品系葉厚（L T）與比葉重（S C W）在 R₁ R₅ 期呈顯著正相關，至 R₆ 期則為負相關，闊葉品系葉厚與比葉重在 R₁ R₃ 期呈顯著正相關，到 R₅ R₆ 期則呈顯著負相關，此與春作時表現不同狹葉品系之葉厚與比葉重均呈顯著正相關而闊葉品系僅在 R₁ 期呈正相關。



圖三、生殖生長期不同葉型大豆品系之第四節位葉片二氧化碳交換速率與產量之變化（柱形圖為二氧化碳交換速率）， \bar{x} 及 σ 為平均產量及其標準偏差，80年夏作）。

Fig3. Changes of CO₂ exchange rate measured at different reproductive stages and yield of narrow (A) and broad (B) leaflet lines. yield \bar{x} σ Standard division
N6: kss NO.10, B6: HL NO.1, B7:HL NO.2

葉厚與葉片葉綠素含量 (Chl) 在狹葉品系有正相關之趨勢 (其中 R₃ 及 R₆ 期較為顯著)，闊葉品系之葉厚與葉片葉綠素含量因生育期之不同變化較大，此與春作結果亦稍有不同，春作狹葉品系葉厚與葉片葉綠素含量呈顯著正相關，闊葉品系亦僅於 R₁ 期呈顯著正相關。

葉厚與葉片光合率 (CER) 間除狹葉品系在 R₁ 期呈負相關外，兩種葉型其餘生育期均呈正相關，尤其以 R₃ 及 R₅ 期較為顯著。春作此二性狀間之關係不同，春作生殖生長期狹葉品系葉厚與葉片光合率間呈負相關之趨勢但闊葉品系除 R₆ 期外，其餘生育期均呈顯著正相關。

葉面積與比葉重間之關係，兩種葉型均有負相關之趨勢，此與春作表現相似 (僅 R₆ 期闊葉型品系表現不同其二性狀呈正相關)，葉面積大之狹葉型品系在生殖生長後期 (R₅ R₆)

其葉片光合率高且產量亦高（均呈顯著正相關），闊葉品系則無此一現象，此與春作結果相同。

比葉重較大之品系，在 R₁ 期其葉片光合率較低（均呈顯著負相關），狹葉型品系在 R₃ 期後，比葉重大者，葉片光合率高，闊葉型品系僅於 R₃ - R₅ 期間有此一現象。

葉片葉綠素含量高之狹葉型品系，自 R₃ 期開始其葉片光合率較高（呈顯著正相關），但闊葉型品系則無此一關係存在，春作兩種葉型此二性狀間之關係不十分明確。葉片光合率高之品系，無論狹葉或闊葉型，其地上部乾物量（TDW）均大，且狹葉品系乾物量大之品系，其產量亦高，闊葉型品系此二性狀間之關係較不明顯，春作表現則不同，（春作兩種葉型此二性狀僅於 R₆ 期呈顯著正相關外，其中闊葉品系 R₁ - R₅ 期有呈負相關之趨勢）。

生殖生長期葉片光合率與產量間之關係在狹葉型品系均呈正相關，但闊葉型品系僅 R₅ - R₆ 期間呈正相關，此一結果與 80 年春作結果略不同，春作狹葉型品系葉片光合率在 R₃ - R₄ 期間與產量呈正相關，闊葉品系葉片光合率僅於 R₆ 期與產量呈正相關，其餘生育期均為負相關，由春、夏作試驗結果得知，無論狹葉或闊葉型品系，其葉片光合率在 R₆ 期均與產量呈顯著正相關。

表 1. 狹葉型大豆生殖生長期之葉片生理性狀、總乾物量、產量及葉片二氧化碳交換速率間之關係(80 年夏作)

Table 1. Correlations of leaf developmental characters, total dry weight, CO₂-exchange rate and yield in narrow leaflet soybean lines at reproductive stages. (summer crop, 1991)

Stages	(LT)	(LA)	(SLW)	(Chl)	(TDW)	(CER)
(LA)	R1	0.3355*				
	R3	0.7951**				
	R5	0.4137**				
	R6	0.0664				
(SLW)	R1	0.5915**	-0.5811**			
	R3	0.3240**	-0.0840			
	R5	0.3721**	-0.1175			
	R6	-0.4114**	-0.4949**			
(Chl)	R1	-0.2421	-0.6872**	0.4820**		
	R3	0.4008**	-0.0044	0.6892**		
	R5	0.2389	0.3340**	0.8112**		
	R6	0.3372*	0.2281	-0.7303**		
(TDW)	R1	0.1166	0.4801**	-0.1350	-0.2082	
	R3	0.2146	0.7531**	-0.2669	-0.4181**	

	R5	0.6145**	0.6913**	0.5910**	0.6576**		
	R6	0.5739**	0.4370**	-0.3866*	-0.1087		
(CER)	R1	-0.5893**	0.5095**	-0.8142**	-0.8173**	0.6557**	
	R3	0.8725**	0.1964	0.9300**	0.9705**	0.6403**	
	R5	0.5582**	0.3621*	0.2752	0.9236**	0.6753**	
	R6	0.1061	0.5554**	0.9676**	0.6906**	0.5466**	
(Yield/Pt)	R1	0.0561	0.5668**	-0.2515	-0.6566**	0.7047**	0.6960**
	R3	0.0105	0.3959**	-0.2840	0.3988**	0.8600**	0.9995**
	R5	-0.0537	0.4901**	0.2715	0.4219**	0.3138*	0.7879**
	R6	0.5678**	0.4621**	-0.2962*	0.7739**	0.3235**	0.6272**

(LT), Leaf thickness; (LA), Leaf area; (SLW), Specific leaf weight; (Chl), Chlorophyll content; (TDW), Total dry weight; (CER), CO₂-exchange rate. (n=47, Summer crop, 1991).

表 2.闊葉型大豆生殖生長期之葉片生理狀、總乾物量、產量及葉片氧化碳交換速率間之關係 (80 年夏作)

Table 2. Correlations of leaf developmental characters, total dry weight, CO₂-exchange rate and yield in broad leaflet soybean lines at reproductive stages. (summer crop, 1991)

Stages		(LT)	(LA)	(SLW)	(Chl)	(TDW)	(CER)
(LA)	R1	0.1631					
	R3	-0.5568**					
	R5	-0.3086*					
	R6	0.0188					
(SLW)	R1	0.9928**	-0.3948**				
	R3	0.9679**	-0.3336*				
	R5	-0.7040**	0.1214				
	R6	-0.7972**	-0.3000*				
(Chl)	R1	-0.0571	0.2236	-0.1756			
	R3	0.9636**	0.9758**	0.9998**			
	R5	-0.5731**	0.4767**	0.6086**			
	R6	0.4328**	-0.5406**	-0.5957**			
(TDW)	R1	0.1075	0.3805**	-0.0117	0.9864**		
	R3	0.9185**	0.9367**	0.9881**	0.9905**		

	R5	0.0357	-0.8216**	-0.0337	-0.1602		
	R6	0.3285*	0.5478**	-0.5373**	-0.1003		
(CER)	R1	0.9201**	0.1745	-0.9998**	-0.8261**	-0.1881	
	R3	0.9438**	0.8988**	0.4081**	0.3499**	0.7759**	
	R5	0.1549**	-0.2419	0.7687**	-0.0599	0.5051**	
	R6	0.0676	0.9506**	-0.0234	0.1970	0.5150**	
(Yield/Pt)	R1	0.7811**	0.9242**	0.7011**	0.5787**	0.2863	-0.4141**
	R3	0.9907**	0.9841**	0.9296**	0.9233**	0.0477	0.2417
	R5	0.2841	0.0513	0.4273**	-0.1012	0.3647*	0.4812**
	R6	0.1194	-0.2325	-0.5187**	0.4183*8	0.1684	0.2584**

(LT), Leaf thickness; (LA), Leaf area; (SLW), Specific leaf weight; (Chl), Chlorophyll content; (TDW), Total dry weight; (CER), CO₂-exchange rate. (n=40, Summer crop, 1991).

討論

大豆植株進入子粒充實期後，因積貯 (Sink) 需求增強，使得葉片中貯藏養分經再分佈轉移到子粒，因而葉片逐漸老化，一些生理機能亦隨之衰退，並直接影響到子粒充實，據張 (1990) 研究結果指出，大豆子粒充實期與百粒重間呈顯著正相關，此可能充實期長之品種其生殖生長期葉片老化較慢有關。

一般而言，狹葉型大豆之產量及農藝性狀不一定較闊葉型為佳(Mandle and Buss, 1981)，就大豆葉片光合作用率而言，除受遺傳因子控制外(Hesketh et al., 1981)，葉片之年齡、積貯需求及環境均可影響其表現，而且在高世代選拔效果較佳(Secor et al., 1982)，且不同葉型表現亦異，據 Sung 及 Chen(1989)研究大豆"Clark"品種之葉片光合作用能力，並與具狹葉型基因之近同源系比較結果指出，以葉片單位面積而言，狹葉型葉片之現行光合作用(apparent photosynthesis)較正常葉 (闊葉) 為高。根據本場氣象調查資料顯示，花蓮地區日照時數及日射量一年中除 7、8 月外，其餘月份均較台灣西部為低。本場育成之花蓮一號與高雄選十號雜交後裔中不同葉型之姐妹系(sister lines)在春作(1991)亦有此一現象，即低日射量時淨光能產量為(500 700 μ gmol/m²/s)，狹葉品系葉片光合率均高於闊葉品系。本試驗 (夏作) 僅於 R₃ 期。當光度較高(1200μ / m² / s)時，闊葉型大豆葉片光合率表現較佳，其他生育期均以狹葉型品系較佳，尤其在 R₆ 期更為顯著 (圖 - A . B . C . D)，顯示狹葉型大豆較能適應花蓮地區生長環境。

葉片葉綠素含量多寡為葉片老化重要指標 (Wittenbach et al., 1980)，由本試驗結果顯示 R₅ 期前兩種葉型葉片葉綠素含量差異不顯著 (以狹葉品系含量略高)，闊葉型品系葉綠素含量在 R₅ 期後開始下降，而狹葉型品系至 R₆ 期時，葉片葉綠素含量仍維持在 R₅ 期之水準。

Wittenbach et al. 於 1980 年研究指出，大豆葉片葉綠素含量在開花後 4 週(約 R_4 - R_5 期)開始急速下降。另據 Sung 及 Chen(1989)研究顯示，葉綠素含量在開花後 18 天(約 R_3 - R_4)開始下降，但亦有研究指出，葉綠素含量在 R_1 - R_2 期後即開始下降(Ghiasi et al., 1987)，可能因栽培環境及植株生育狀況而略有不同。而根據 Sung 及 Chen 於 1989 年之研究顯示，狹葉品系之葉綠素含量，確較闊葉品系為高。本試驗參試品系中，狹葉型之生育習性 (growth habit) 多屬半無限型，且節數較多，上節位葉片老化較遲，因此後期狹葉型品系葉綠素含量較高。

植株乾物量累積自 R_1 期後逐漸增加，以闊葉品系稍高 (圖 2 - B)，至 R_5 期後以狹葉型累積速率較快，但差異不大，至 R_6 期兩種葉型之乾物累積達同一水準，但闊葉型品系之產量不及狹葉型 (圖 3 - A 及 B)，顯示闊葉型品系之營養器官中同化物之轉運可能不及狹葉型品系。

葉片厚度兩種葉型均自 R_1 - R_3 期開始增厚 (圖 2 - C)，爾後不再繼續增厚，此性狀與 80 年春作表現不一，但以闊葉型品系較厚。比葉重自 R_1 - R_5 期兩種葉型均維持同一水準，至 R_5 期後始增加，且差異不顯著。Ghiasi et al. 於 1987 年探討不同生長習性大豆品種之葉片生理時指出，有限型大豆(determinate)之比葉重在 R_4 期達最大，而半無限型及無限型(indeterminate)於較晚 (R_6 期)始達最大。本期試驗結果顯示半無限型 (多為狹葉品系) 確實如此，但有限型 (闊葉型品系) 稍有不周，延至 R_6 期始達最大。

由葉片生理性狀間之相關 (表 1 及表 2) 可知，葉面積較大之狹葉型大豆，其葉片愈厚。此與 Hesketh et al. (1981) 調查結果不太一致。闊葉型大豆之葉厚與葉片光合率呈顯著正相關 (R_6 期除外)，而狹葉型大豆之葉面積與葉片光合率呈顯著正相關，顯示今後選拔適合花蓮地區夏作栽培之大豆品種，對闊葉型大豆而言，應選葉片較厚之品系，至於狹葉型大豆進行選拔時，可考慮葉面積大且葉片較厚之品系。

據以往研究二氧化碳交換率與葉面積之關係結果得知，其間有正相關 (Harrison et al., 1981)，亦有結果認為其間關係不甚明確 (Kaplan and Koller, 1977)，而據 Kaplan 及 Koller(1977) 之研究指出，大豆品種間當二氧化碳交換率增加時，葉片之葉面積擴展率會降低。因此，闊葉型大豆葉面積不宜太大，否則遮光增加，將使透光率減少，因而影響下節位葉片進行光合作用。

致於葉面積與比葉重間之關係，Bhagsari 及 Brown 於 1986 年研究結果指出，不同作物(落花生、大豆、甘藷等)之葉面積與比葉重關係並不一致，而大豆品種間亦如此，本試驗結果此一性狀間表現有負相關之趨勢，且與 80 年春作之結果並不一致，可能與栽培季節不同有關。

植株乾物重與產量間之關係均為正相關，狹葉型品系自 R_1 - R_6 期相關顯著，闊葉型品系僅於 R_5 期相關顯著。另外植株乾重與葉片光合率間之關係，在狹葉型品系均為正相關，闊葉型品系除 R_1 期外，其餘生育期亦呈現正相關。據 Ford et al. (1988) 研究指出，大豆頂端完全葉片之光合作用 (total photosynthesis) 較快之品系，並不會使植株乾物量增加，可能為測定葉片光合率之時間為一定點，而植株乾物是持續累積所致。

大豆葉片之光合率隨生育期而有所變化，通常在開花後 2—3 週達到最高而在子粒開始充實（ R_5 期）時急速下降（Wittenbach et al., 1981），由圖 3 顯示，本期試驗結果狹葉型品系之葉片光合率從 R_1 期降至 R_3 期後，至 R_5 期又上昇，甚至超過 R_1 期（ N_5 品系除外），闊葉型品系在 R_5 期之葉片光合率亦維持較高水準，亦有高於 R_1 期之品系（ B_6 ），一般大豆子粒開始充實，積貯器官（莢果）需求增加，致使葉片貯藏之同化物再轉移（remobilization）至子粒，而促使葉片加速老化，光合作用能力因而急速下降。本期作所測得結果不同之原因，可能受颱風影響植株生育，據本場氣象記錄顯示，80 年 9 月 15—16 日受耐特颱風外圍環流影響，除降雨外（二天降雨量分別為 51.5 及 55mm）風速亦較大外，到 9 月 22—23 日同一颱風（耐特）仍在南部徘徊，9 月 23 日降雨 68mm，受此二次風雨侵襲，試驗田大豆植株葉片受損，而 R_5 期調查日期為 9 月 26 日，由於大豆部份葉片受損，即供源可能不足，據 Hanson and West(1982)研究指出，大豆積貯器官會傳送訊號，誘導同化物運轉作適當比例之調整，當供源減少（採用摘葉處理），植株之單位面積 CO_2 交換速率(CO_2 exchangerate)會顯著增加，因此，結果為大豆植株因受風雨為害（輕度）之所得之反應。

由表 1.2 可知，生殖生長期測定單葉光合率與產量間之關係狹葉型品系均為顯著正相關，闊葉型品系除 R_1 期為負相關外，其餘生育期亦有呈正相關之趨勢， R_6 期之葉片光合率，無論狹葉或闊葉品系均與產量呈正相關，以狹葉型品系葉片光合率較高（圖 3-A），顯示在子粒充實末期，葉片光合能力維持較高之品系，能供應子粒較多之同化物，因而高產。80 年春作試驗結果亦如此。此與 Boon-Long et al.在 1983 年研究結果一致。

大豆依其葉型之不同分為狹葉及闊葉型，除遺傳因子所造成之不同外，對環境之反應亦異。以花蓮地區特殊之環境（日照時數短及日射量低）而言，似以狹葉品系較為適應，生殖生長期（ R_1 — R_6 期）狹葉品系之葉片在較低之日射量時，葉片光合率表現優於闊葉品系，到生殖生長後期（ R_6 期），狹葉品系葉片仍能維持較高之光合率（春、夏作均如此），且狹葉品系葉面積與葉片光合率及產量均呈正相關，雖然狹葉品系間產量變異較大，但平均產量較闊葉品系增加 34.7%（80 年春作試驗結果狹葉型品系大豆產量較闊葉型品系增產 30.3%），顯示花蓮地區今後大豆育種應以葉面積較大之狹葉品種為首先考慮之目標。（亦可測定並選拔葉片光合率高之品系，但狹葉型品系葉片光合率與葉面積呈正相關，以葉面積為選拔指標較為方便）。

參考文獻

- 1.張建生.1990.大豆子粒充實期與充實速率對產量關係之研究.中華農學會報.150:1-15.
- 2.張建生.1991.大豆生殖生長期葉片光合作用能力與產量關係之研究().花蓮區農業改良場研究彙報 8:29-42.
- 3.Bhagsari, A.S. and R.H. Brown. 1986. Leaf photosynthesis and its correlation with leaf area. Crop Sci. 26:127-132.

4. Bourgeois, G. and K. J. Boote. 1992. Leaflet and canopy photosynthesis of peanut affected by late leaf spot. *Agron. J.* 84:359-366.
5. Boon-Long, P., D.B. Egli, and J.E. Leggett. 1983. Leaf N and photosynthesis during reproductive growth in soybean. *Crop Sci.* 23:617-620.
6. Buttery, B.R. and W.I. Findly. 1981. Relationships among photosynthetic rate, bean yield and other characters in field grown cultivars of soybean. *Can. J. Plant Sci.* 61:191-198.
7. Dornhoff, G.M. and R.M. Shibles. 1970. Varietal differences in net photosynthesis of soybean leaves. *Crop Sci.* 10:42-45.
8. Fehr, W.R. and C.E. Caviness. 1977. Stages of soybean development. Spec. Rep. NO.80. Coop. Ext. Ser., Agric. And Home Econ. Exp. Stn., ISU. Ames.
9. Ford, D.M. and R.M. Shibles. 1988. Photosynthesis and other traits in relation to chloroplast number during soybean leaf senescence. *Plant Physiol.* 86:108-111.
10. Ghiasi, H., C.D. Dybing, and C. Peach. 1987. Change in contents of chlorophyll, protein, and saccharides in leaves during plant development of determinate, semideterminate and indeterminate lines of soybean. *Biologia plantarum* 29:283-289.
11. Harrison, S.A., H.R. Bommer, and D.A. Ashiey. 1981. Heritability of canopy-apparent photosynthesis and its relationship to seed yield in soybeans. *Crop Sci.* 21:222-226.
12. Hanson, W.D. and D.R. Weat. 1982. Source-sink relationships in soybean. 1. Effects of source manipulation during vegetative growth on dry matter distribution. *Crop Sci.* 22:372-376.
13. Hesketh, J.D., W.L. Orgen, M.E. Hageman, and D.G. Peters. 1981. Correlations among leaf CO₂-exchange rate, areas and enzyme activities among soybean. *Photosynth Res.* 2:21-30.
14. Kaplan, S.L. and H.R. Koller. 1977. Leaf area and CO₂-exchange rate as determinates of the rate of vegetative growth in soybean plants. *Crop Sci.* 17:35-38.
15. Mandle, F.A. and G.R. Buss. 1981. Comparison of narrow and broad leaflet isolines of soybean. *Crop Sci.* 21:25-27.
16. Ojima, M. and R. Kawashima. 1970. Studies of the seed production of soybean. VIII. The ability of photosynthesis of F₃ lines having different photosynthesis in their F₂ generations. *Proc. Crop Sci. (Jpn.)* 39:440-445.
17. Shibles, R.M., J. Secor, and D.M. Ford. 1987. Carbon assimilation and metabolism. In JR Wilcox, ed, *Soybeans: Improvement production and uses*. American society of Agronomy Madison, WI; PP 535-588.
18. Secor, J., D.R. McCarty, R.M. Shibles, and D.E. Green. 1982. Variability and selection for leaf photosynthesis in advanced generations of soybeans. *Crop Sci.* 22:255-259.
19. Shibles R.M., I.C. Anderson, and A.H. Gibson. 1975. In L.T. Evans(ed.). *Crop physiology*. Cambridge Univ. press, Cambridge. p151-190.

20. Sung, J.M. and J.J. Chen. 1989. Changes in photosynthesis and other chloroplast traits in Lanceolate leaflet isolate of soybean. *Plant Physiol.* 90:773-777.
21. Wiebold, W. J., R. Shibles. and D.E. Green. 1981. Selection for apparent photosynthesis and related leaf traits in early generations of soybean. *Crop Sci.* 21:969-973.
22. Wittenbach, V.A., R.C. Ackerson, R.T. Giaguinta, and R.R. Hebert. 1980. Changes in photosynthesis, Ribulose Biphosphate Carboxylase Proteolytic activity, and ultrastructure of soybean leaves during senescence. *Crop Sci.* 20:225-231.