

大豆子粒充實期與充實速率 對產量關係之研究¹

張建生² 詹平喜³

摘 要

為探討有限型與半無限型兩種不同生育習性大豆品種間子粒充實期及充實速率與產量之關係，並測定其始源與積儲強度是否影響大豆子粒充實，本試驗利用有限型品種花蓮一號、大連豆及十石與半無限型品種高雄選 10 號、百美豆及花蓮二號為供試材料，於 75 年夏作至 77 年春作，在花蓮縣吉安鄉本場試驗田進行。經兩年四期作試驗結果顯示，有限型大豆品種各生殖生長期間之長短除 R6-R7 外，其餘與產量在春作均呈顯著正相關，在夏作則未達顯著。半無限型品種除 R4-R7 在夏作達顯著正相關外，其餘亦未達顯著相關水準。在春作有限型與半無限型品種之子粒充實速率與產量呈極顯著正相關，有限型大豆品種之子粒充實期及充實速率與百粒重呈極顯著正相關，半無限型品種之子粒充實期與百粒重呈顯著正相關，子粒充實速率則與百粒重相關不顯著，子粒充實速率似受溫度影響，以夏作較高。生殖生長期營養器官（莖、葉）乾物累積以夏作較高，有限型品種各個生殖生長時期之乾物量與春作產量呈顯著正相關，而春夏作營養器官乾物重與子粒充實速率間均呈顯著正相關，半無限型品種則以春作 R4 期營養器官乾物量與產量關係密切，顯示莢果生長初期始源強度將會影響大豆子粒產量。而子粒充實速率視同化產物供應能力而定，且種皮表面積與產量呈正相關，若可以種皮表面積表示始源供應能力，則似乎又顯示始源為控制大豆子粒充實速率之主要因子，今後應探討如何調整始源供應適當，對大豆產量之提升，應有正面效應。

（關鍵字：大豆、產量、充實期、充實速率）

前 言

大豆生殖生長期一般可分為 R1-R8 等八個不同時期⁽¹¹⁾，而子粒充實期（seed filling period）則從子粒開始充實（R5 期）至大豆植株主莖上任何一莢果壁轉變為成熟時之顏色即生理成熟期（R7 期）止^(11,32)。但大豆莢果發育有時序性⁽²⁹⁾，因此 Reicosky 等建議可以某一特定節位之莢果發育為準

-
1. 花蓮區農業改良場研究報告第 50 號，本試驗部分經費承農業委員會補助（計畫編號：75 農建－7.1 糧－126，及 76 農建－8.1－糧－50），謹此致謝。
 2. 作物改良課助理研究員。
 3. 技佐。

來判定其子粒充實期⁽²³⁾。此一生育期有時被稱之為有效充實期 (effective filling period)⁽⁷⁾。根據研究 R5 ~ R7 期間與有效充實期之長短相關程度相當高^(6,9)，但有些研究卻認為兩者間仍有相當程度之差異，而且常與環境發生交感作用⁽²⁴⁾，Spaeth 等⁽³⁰⁾更建議以充實期收穫指數之直線增加趨勢來估算有效充實期。

大豆子粒充實期已被證實為受遺傳因子控制之生理性狀，品種間差異顯著，且與產量呈正相關^(21, 23, 24, 25, 27)。因此在大豆育種選拔時，通常被視為高產品種之選拔指標^(22, 27, 28)。不過 Dunphy 等⁽⁴⁾與 Egli 等⁽⁷⁾則進一步指出環境因子可修飾其遺傳因子之表現，因此以子粒充實期作為選拔指標，目前在實際應用上仍有相當限制。

另一決定大豆產量之重要因子為子粒充實速率 (seed filling rate)⁽⁵⁾。依據 Egli 之理論，在子粒充實期間分段取樣以調查其子粒乾重，至成熟期止，然後據此求其直線迴歸，此一直線迴歸之斜率即為子粒充實速率。品種間子粒充實速率除受子葉細胞數目多寡之影響外，同時亦受到種子大小左右^(7, 31)，且子粒充實速率亦與產量有相當密切之關係^(7, 26)。

大豆子粒充實期與充實速率雖然對產量都有相當明顯的正相關，但二者間卻又經常出現負相關，同時易受栽培環境之影響，如土壤水分含量⁽⁹⁾、溫度⁽⁸⁾等。而花蓮地區位於本省東部，耕地分布於海岸山脈（東側）與中央山脈（西側）間之狹長縱谷平原，因此日照時數較西部為短，雲量較多，日射量較低。以本場（位置：北緯 23° 58'，海拔 36m）與台中縣大里鄉菸試所（位置：北緯 24° 05'，海拔 71m）緯度相近之兩地所測得之氣象資料比較結果差異甚大，以日照時數及日射量而言，一年中除七、八兩月份相近似外，其餘月份花蓮地區均不及台中大里地區，1~5 月及 10~12 月均僅達其一半。花蓮地區栽培之大豆，單位面積產量偏低，每公頃約在 1500 公斤左右，低於全省平均，而現階段大豆育種仍以高產為首要目標，因此大豆生育在本區之特殊環境下，其子粒充實期及充實速率與產量間之關係值得加以探討，以供今後育種選拔時之依據。

另外始源或積儲 (source-sink) 活性是否確實直接影響子粒充實也值得一併加以探討。Guld and Brun⁽¹³⁾指出大豆品種間在子葉細胞數目上有顯著之差異，細胞數目多，充實速率似乎也有增加之趨勢，但如何將這些細胞容量擴充至極限，發揮其生長潛能，則須賴始源部位所供給的同化物多寡而定，Ho⁽¹⁸⁾亦指出，同化物輸入，並非完全受積儲大小所決定，積儲活性亦很重要。Hanson⁽¹⁶⁾曾就高產與低產二群大豆品種，分別調查其種子表面積，以單位種皮面積之充實能力 (dry matter accumulation rate per unit seed coat area) 做為積儲活性之指標，結果發現在始源供應不足時，積儲活性較強者之充實能力並不比積儲活性弱者佳，而高產與低產品種間之種皮充實能力亦大致相等，因此認為產量上之差異受積儲活性影響較小。但品種間積儲大小 (sink size) 亦為構成產量差異原因之一，故探討品種間產量高低，亦應考慮此一性狀，因此不論始源或積儲對大豆子粒充實似乎都有相當之影響，如能探討得知大豆子粒充實是受制於始源或積儲，其結果或可供今後大豆育種選拔及栽培之參考。

材料與方法

本試驗於民國 75-77 年在花蓮縣吉安鄉本場試驗田分春夏兩作進行，供試品種分為兩群，其中高雄選 10 號、百美豆及花蓮二號為半無限型品種，十石、大連豆與花蓮一號為有限型品種。田間設計採逢機完全區集設計，四重複，六行區，行長六公尺，行株距 60 × 10 公分，每重複設二小區，一區供採樣調查有關性狀，另一小區收穫全小區，供測定產量用，田間管理按一般標準法行之。

各生育時期按 Fehr and Caviness 之方法調查，自 R1 期開始，每隔 5-7 天取樣 15-20 株，將莖葉、子粒與莢果壁分開置於 70 °C 烘箱中乾燥 72 小時後，稱量其乾重，並計算子粒乾物累積速率，據此求其直線迴歸，此一直線迴歸之斜率即為子粒充實速率（以單株為準），75 年夏作與 76 年春作於子粒充實期間，調查第四節位所著生子粒之長、寬及厚，按大豆種子為扁長橢圓球形，參考 Hanson(1988) 氏所用之方法，依下列公式，估算其表面積：

$$\text{表面積} = 2 \pi ab[(\sin^{-1} e)/e] + 2 \pi b^2$$

$$a = 1/2 \text{ 長}$$

$$b = 1/2 (\text{寬} + \text{厚})$$

$$e = (a^2 - b^2) / 0.5a \text{ (離心距)}$$

再依據種子表面積估算其單位種皮面積充實速率。

結果與討論

一、大豆品種生殖生長時期之變異及其與產量之關係：

由試驗結果得知，參試之大豆品種間各生殖生長時期差異顯著（表 1），花蓮一號、花蓮二號、高雄選 10 號及百美豆在不同生長季節各個生殖生長期間均較長，而大連豆及十石則較短，顯示此性狀受遺傳因子控制，但在不同季節則存有差異，理論上而言，無限型品種之生育時期較長，本試驗參試品種屬半無限型者，其生育時期測定結果亦略長於有限型品種。

生殖生長各時期與產量之關係如表 2，在 76 年春作，有限型品種之各生殖生長時期均與產量呈顯著正相關，而 77 年春作結果僅 R3-R7 及 R4-R7 期與產量呈顯著正相關，但合併二年春作結果，除 R6-R7 期外，其餘各生殖生長時期均與產量呈顯著正相關。夏作除 75 年開花期與產量呈顯著正相關外，其餘各生殖生長之期間與產量間之相關均未達顯著水準。半無限型品種各生殖生長時期與產量之關係比較不一致，合併兩年試驗結果，在春作各個生殖生長時期與產量之相關均未達顯著水準，但夏作 R4-R7 期則與產量有顯著相關。上述結果顯示，大豆品種生殖生長期間之長短與產量之關係，受到品種本身生長習性即有限型或半無限型及種植季節之影響。由本試驗結果僅可指出春作有限型品種各個生殖生長期（包括子粒充實期）與產量有顯著關係，而此種關係夏作並不存在，此原因可能為夏作生育後期葉片老化較快，致使子粒充實期縮短，而半無限型品種，無論春、夏作各生殖生長期與產量之關係均不甚密切。

表 1. 不同生長習性大豆品種生殖生長期及產量之差異 (75 及 76 年夏作與 76 及 77 年春作平均)

Table 1. Mean differences of reproductive growth periods and yield of determinate and semideterminate soybean genotypes during summer (1986 and 1987) and spring (1987 and 1988) crop seasons.

Cultivars	Reproductive growth period (days)							Yield kg/ha
	F*	R1-R7	R2-R7	R3-R7	R4-R7	R5-R7	R6-R7	
Summer								
HL No.1	34.0	60.5	59.0	52.0	47.0	34.0	9.5	1901
Tar-Lien-Tou	23.0	53.0	51.5	45.0	41.0	29.0	9.5	1446
Shih Shih	31.5	50.0	47.0	43.0	38.0	28.0	9.0	1935
KSS No.10	29.5	63.5	61.5	54.0	49.0	34.0	6.5	1762
Palmatto	34.5	59.0	58.0	49.0	44.0	34.0	4.5	1864
HL No.2	29.5	64.0	61.5	56.0	52.0	34.0	8.5	2134
LSD (5%)	1.3	2.6	1.8	1.5	1.8	1.1	-	343
Spring								
HL No.1	40.0	58.0	54.0	50.0	43.0	39.0	9.0	2206
Tar-Lien-Tou	32.0	49.0	45.0	38.5	34.5	32.0	6.5	817
Shih Shih	34.0	50.0	45.0	39.0	35.0	33.0	6.5	1418
KSS No.10	36.0	59.0	55.0	48.0	43.5	40.0	8.0	2196
Palmatto	38.5	61.0	57.0	51.0	43.0	36.0	8.0	2272
HL No.2	35.0	65.0	61.0	54.0	44.0	40.0	6.0	2235
LSD (5%)	1.9	0.9	1.3	1.1	1.1	1.3	-	160

*: Days from emergence to flowering.

表 2. 不同生長習性大豆品種生殖生長時期與產量間之相關係數 (75 年夏作至 77 至年春作)

Table 2. The correlation coefficients between reproductive growth periods and yield for determinate and semideterminate soybean genotypes from 1986 summer to 1988 spring crop seasons.

Reproductive growth periods	Spring			Summer		
	1987	1988	Pooled	1986	1987	Pooled
Determinate var.						
F#	0.91**	0.86**	0.68**	0.72*	0.46	0.33
R1-R7	0.98**	0.03	0.86**	0.15	0.15	0.21
R2-R7	0.98**	0.30	0.84**	0.18	0.07	0.15
R3-R7	0.96**	0.77*	0.85**	0.30	0.21	0.23
R4-R7	0.90**	0.83**	0.76**	0.22	0.09	0.13
R5-R7	0.84**	0.35	0.76**	0.40	-0.05	0.27
R6-R7	0.92**	0.05	0.57	0.13	0.51	-0.40
Semideterminate Var.						
F#	-0.76*	0.93**	0.41	-0.28	0.28	-0.13
R1-R7	0.02	-0.55	0.14	0.26	0.16	0.34
R2-R7	0.09	-0.46	0.16	-0.10	0.24	0.27
R3-R7	0.05	-0.18	0.24	0.73*	0.06	0.44
R4-R7	0.26	-0.39	-0.40	0.74*	0.29	0.63*
R5-R7	0.73*	-0.52	0.21	0.38	-0.48	0.06
R6-R7	-0.39	-0.01	-0.02	0.78**	-0.12	0.53

: Days from emergence to flowering.

*, **: Significant at 5% and 1% levels, respectively.

大豆生殖生長期間之 R5-R7 期屬子粒充實期，其與產量間之相互關係根據 Salado-Navarro 氏等⁽²⁴⁾ 在有限型大豆品種什交後代及 Egli 氏等⁽⁹⁾ 利用 9-52 個不同大豆品種之研究結果指出，子粒充實期與環境交感作用顯著，而且品種之生育習性 (growth habit) 亦需考慮 (Pfeiffer and Egli⁽²²⁾)，且其廣義遺傳率亦較低，故利用其做為選拔高產品種之指標值得商榷。但多位學者之研究曾指出，大豆生殖生長期間之子粒充實期確與產量呈正相關^(21,24,27)，而且 Gay 氏等⁽¹²⁾ 及 Smith and Nelson⁽²⁷⁾ 氏等曾建議可藉延長此子粒充實期來增進大豆產量。但必需考慮品種之成熟性，亦即生育日數相若之品種，其

生育正常，則生殖期間子粒充實期長之品種會比較高產。據 Hanson⁽¹²⁾ 研究大豆生殖生長時期分配能力與產量關係指出，子粒充實期長之品種，必須具備此一生育時期光合產物轉運到積儲 (sink) 之利用率高。由本試驗結果顯示，春作生殖生長期間子粒充實期長之大豆品種，產量較高。又合併兩年試驗結果發現，R4-R7 期與產量間之相關亦明顯，此與 Nelson⁽²¹⁾ 之研究結果相似，顯示生殖生長期間之 R4-R7 或 R5-R7 期之長短似可考慮供作目前選拔有限型高產品種之指標。

二子粒充實期及充實速率之差異及其與產量及百粒重之關係

經變方分析結果得知，參試大豆品種之子粒充實期、充實速率、產量及百粒重差異均達極顯著標準，但品種與期作間則均存有交感作用（表 3），顯示這些性狀除受遺傳因子控制，受環境因子影響亦大。就參試不同生長習性大豆品種間子粒充實期之差異而言，半無限型品種長於有限型品種。有限型品種間以花蓮一號之子粒充實期較長，子粒充實速率亦快。而半無限型品種間高雄選 10 號及花蓮二號之子粒充實期相似，但子粒充實速率高雄選 10 號則大於花蓮二號，但比較二品種間之產量及百粒重似與子粒充實速率沒有明顯關係（表 4），而且根據文獻得知⁽³⁾，大豆百粒重與產量間並無一致關係，但若粒大而單株莢數多之品種，應呈現高產。本區種植之春作大豆，子粒充實期間通常溫度尚低，根據本場氣象資料顯示，本試驗期間此一生育時期之平均溫度春作為 22.0-25.7 °C，而夏作為 25.1-27.9 °C，因此溫度似可認為是造成春作子粒充實期間較夏作為長原因之一。子粒充實速率亦以夏作高於春作，顯示溫度可能仍為影響品種間子粒充實速率因素之一。

表 3. 二年四期作（75 年夏作至 77 年春作）之子粒充實期、充實速率、產量及百粒重合併變方分析
Table 3. The combined ANOVA of 4 different growth seasons (from summer, 1986 to spring, 1988) in seed filling period (SFP), seed filling rate (SFR), yield and 100 seed weight (100 SW).

Source of variation	Mean squares				
	df	SFP	SFR	Yield	100 SW
Season	3	272.84**	0.8185**	1095857.8**	178.38**
Season w/in block	12	0.87	0.0006	43728.4	1.33
Variety	5	130.03**	0.1799**	2438734.8**	170.79**
Variety x season	15	12.94**	0.0265**	475717.9**	12.69**
Error	60	0.84	0.0005	49494.2	1.45
Total	95				

** : Significant at 1% level.

表4. 不同生長習性大豆品種子粒充實期、子粒充實速率及百粒重之差異（75及76年夏作與76年及77年春作平均）

Table 4. Mean differences of seed filling period (SFP), seed filling rate (SFR), yield and 100 seed weight (100 SW) of determinate and semideterminate soybean genotypes in spring (1987 and 1988) and summer (1986 and 1987) crop seasons.

Cultivars	SFP (days)		SFR (g/plant/day)		Yield (kg/ha)		100 SW (g)	
	Sp.*	Su.**	Sp.	Su.	Sp.	Su.	Sp.	Su.
	HL No.1	39.0	34.0	0.476	0.791	2205	1900	25.9
Tar-Lien-Tou	32.0	28.0	0.252	0.496	817	1446	17.6	13.7
Shih Shih	33.0	28.0	0.321	0.659	1422	1936	17.0	14.0
Kss No.10	40.0	34.0	0.470	0.877	2196	1765	18.1	16.4
Palmatto	36.0	34.0	0.390	0.772	2253	1867	17.3	12.5
HL No.2	40.0	34.0	0.453	0.655	2235	2134	25.1	16.3
LSD (5%)	3.6	2.6	0.041	0.110	420	528	3.1	2.8

*:(Sp.) Spring, **:(Su.) Summer.

由表5相關分析結果得知，有限型品種，無論春、夏作，子粒充實速率均與產量呈顯著正相關，而子粒充實期長之品種，充實速率亦有較快之趨勢，但半無限型品種表現則稍有不同，在春作子粒充實速率與產量呈顯著正相關，但夏作則相關不顯著，而且子粒充實期與充實速率間亦無明顯關係。根據 Hanway and Weber⁽¹⁷⁾ 研究指出，一些產量不同之大豆品種會表現相同之子粒充實速率，而 Kaplan and Koller⁽¹⁹⁾ 卻指出，一些子粒充實速率不同之品種，其產量之差異並不顯著，亦有學者研究指出，子粒充實速率與產量間呈顯著正相關 (Eweifel⁽³⁴⁾、Egli 等⁽⁷⁾ 及 Salado-Navarro⁽²⁴⁾)，上述研究結果不太一致，主要是子粒充實速率常因栽培環境不同而改變，但由本試驗結果可推論子粒充實速率為本區春作大豆決定產量之重要生理性狀。受子粒充實速率影響之另外一重要因子為百粒重，根據 Egli 氏等⁽⁷⁾ 及 Swank⁽³¹⁾ 研究指出，大豆品種間子粒充實速率受種子大小左右，本試驗中有限型品

種亦有此一趨勢（表5），而且品種間子粒充實期愈長，百粒重亦隨之增大（兩性狀間呈顯著正相關）。半無限型品種之百粒重與子粒充實速率間似無明顯關係，但充實期長之品種，子亦粒大，此與有限型品種表現相同，且與 Pferiffer and Egli⁽²²⁾ 研究結果一致，至於百粒重與產量間之關係，不同生育習性之品種及期作間表現不一，顯示兩者間之關係尚待進一步探討。

表5. 不同生長習性大豆品種子粒充實期、子粒充實速率、產量及百粒重間之相關係數（75及76年夏作與76及77年春作）

Table 5. The correlation coefficients among seed filling period, seed filling rate, yield and 100 seed weight for determinate and semideterminate soybean genotypes in summer (1986 and 1987) and spring (1987 and 1988) crop seasons.

Characters	Seed filling period		Seed filling rate		Yield	
	Summer	Spring	Summer	Spring	Summer	Spring
	Determinate var.					
Seed filling period						
Seed filling rate	0.56**	0.49**				
Yield	0.33	0.55**	0.39	0.77**		
100 seed weight	0.81**	0.87**	0.80**	0.67**	0.27	0.80**
Semideterminate var.						
Seed filling period						
Seed filling rate	-0.10	0.01				
Yield	0.22	-0.29	-0.02	0.61**		
100 seed weight	0.60**	0.70**	0.19	-0.03	0.43	-0.05

*,** Significant at 5% and 1% levels, respectively.

n = 24

三生殖生長時期營養器官乾物累積之變異及其與產量間之關係

營養器官乾物量（係指莖、葉及葉柄部分）夏作大於春作，品種間存有差異（圖1），有限型品種花蓮一號之乾物累積量大於其他兩個品種，但半無限型品種間乾物累積量則以百美豆較大。表6結

果顯示，有限型大豆品種在春作生殖生長各個時期之乾物量與產量間呈顯著正相關，夏作之相關則未達顯著水準。根據過去本場試驗結果，在本區夏作大豆之作物生長速率(crop growth rate)高於春作⁽¹⁾，葉面積增加率亦大，植株生育較旺盛。由本試驗顯示，有限型大豆品種，在春作應使植株維持較高之營養生長，而夏作則應調節植株之營養生長，使其不致過於旺盛以致影響產量。半無限型大豆品種之營養器官乾物量與產量間之關係除 R4 外其餘較不明顯，可知，無論春、夏作半無限型品種之營養器官乾物量均有過剩之現象。

至於各生殖生長時期營養器官之乾物量與子粒充實速率間之關係，有限型品種無論在春、夏作兩者間均為顯著正相關(表 6)，顯示欲使有限型大豆產量增加，始源(source)之供應甚為重要。Kokubun and Asahi⁽²⁰⁾於 1984 年研究大豆生殖生長時主莖與分枝間始源與積儲關係結果指出，大豆產量表現主要視開花期(R1-R2)及充實始期(R5)之始源能力(source ability)而定，但 Gay 等⁽¹²⁾認為在子粒充實期間之分配(partitioning)能力對大豆產量影響較大。

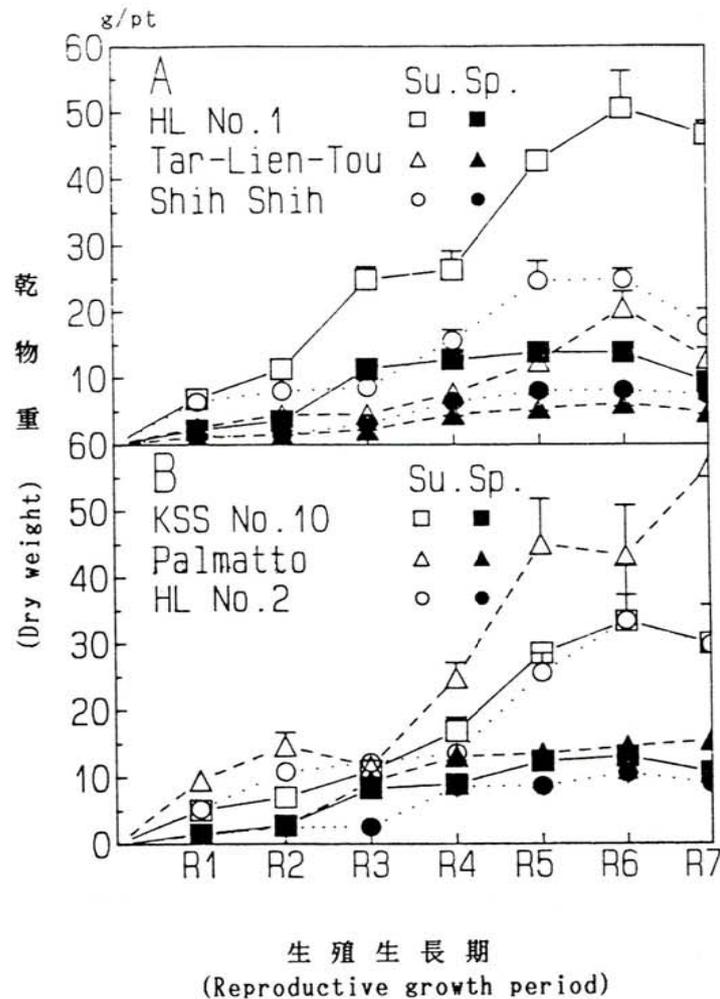


圖 1：不同生長習性大豆品種生殖生長時期乾物量之變化
[76年夏作(Su.)及77年春作(Sp.)]
(A有限型品種,B半無限型品種,⊥或⊥表示標準偏差)
Fig 1: Changes of dry weight of determinate (A) - and semideterminate (B) soybean genotypes during reproductive growth periods in summer (Su. 1987) and spring (Sp. 1988) crop seasons. (⊥ or ⊥ : standard error)

表 6. 不同生長習性大豆品種生殖生長時期乾物重與產量及子粒充實速率之相關係數（76年夏作及77年春作）

Table 6. The correlation coefficients between dry weight and yield and seed filling rate (SFR) during reproductive growth periods (SGR) in summer (1987) and spring (1988) crop seasons.

Dry weight in various growth periods	Yield		SFR		Dry weight in Various growth periods	Yield		SFR	
	Su. #	Sp. ##	Su.	Sp.		Su.	Sp.	Su.	Sp.
Determinate Var.					Semideterminate Var.				
R1	0.51	0.76**	0.93**	0.79**	R1	0.06	-0.35	0.49	0.34
R2	0.24	0.72*	0.91**	0.69*	R2	0.30	0.06	0.19	0.19
R3	0.13	0.70*	0.90**	0.77**	R3	0.16	0.32	-0.13	-0.15
R4	0.34	0.88**	0.90**	0.85**	R4	0.35	0.80**	0.56	-0.77**
R5	0.25	0.86**	0.94**	0.82**	R5	0.31	0.58	0.26	-0.27
R6	0.17	0.85**	0.79**	0.86**	R6	0.46	0.27	0.10	-0.29
R7	0.19	0.90**	0.87**	0.71*	R7	0.06	0.47	0.50	-0.59

: (Su.) Summer. ## : (Sp.) Spring.

*, ** Significant at 5% and 1% levels, respectively.

n = 12

對半無限型品種而言，營養器官之乾物量與子粒乾物量及子粒充實速率間之關係在夏作不甚明顯，在春作自 R3 期開始有負相關之趨勢，尤其以 R4 期較為顯著，此可能因半無限型品種之生殖生長期與營養期部分重疊（至 R5 期止），形成營養器官與生殖器官（莢果）相互競爭同化產物之故⁽¹⁰⁾，以致減少莢果同化物之供應。

近年來禾穀類作物之育種，均以增加收穫指數 (harvest index) 為獲致高產之首要目標，且成效良好—如小麥。就收穫指數而言，似以營養器官乾物量愈低較佳，但若營養器官乾物累積不足，將直接影響到子粒乾物累積。Salado-Navarro⁽²⁶⁾ 以乾物分配係數 (dry matter allocation coefficient) 來說明其與產量之關係較為明確，此一係數為子粒生長時，收穫指數直線增加之速率，且與有效充實期 (effective filling period) 呈負相關，因分配係數高時，同化產物不足供應子粒充實所需，而必須由營養器官轉移更多之同化產物以供應種子充實，導致子粒充實期縮短而影響產量。

四始源積儲與產量間之關係

始源與積儲強度可用來表示同化物之轉移（向積儲器官），對大豆子粒而言，始源強度需視光

合產物量而定，積儲強度則為子粒對同化物之利用。大豆同化物轉移至種子途徑，據 Thorne⁽³³⁾ 指出，首先由植株之篩管經由莢果上兩條維管束鞘通過莢果壁 (pod wall) 進入種皮，由於大豆種皮與胚間並無任何組織接連，同化產物由種皮進入自由間隙 (free space) 主要是以滲透方式進行，因此子粒種皮表面積之多寡，可能影響子粒充實速率。

為探討參試品種始源積儲與產量間之關係，於 75 年夏作及 76 年春作，每次取樣調查自頂端算起第四節位所著生莢果之一些性狀，其結果列如表 7；由表知品種間種皮表面積 (seed coat area) 存有差異，且以春作較顯著，但單位種皮面積乾物累積速率 (dry matter accumulation rate per unit seed coat area) 差異則不顯著。Hanson^(15,16) 於 1986 及 1988 年曾對大豆子粒乾物累積及就高產與低產大豆品種，分別調查其單位種皮面積乾物累積速率指出，品種間並無差異。另就種子乾物累積速率 (dry matter accumulation rate per seed) 而言，本試驗調查結果，品種間存有差異，春作以花蓮一號 (3.09mg/s/day) 最高，夏作則以十石 (5.18mg/s/day) 最大，單株莢數以百美豆最多而大連豆較少。

由表 8 結果得知，種皮表面積與單位種皮表面積乾物累積速率間之相關並未達顯著水準，此似乎反應出品種間單位種皮表面積乾物累積速率差異不顯著。而種皮表面積與種子乾物累積速率間之關係，是隨栽培季節不同而略有變異，春作種皮表面積大之品種，種子乾物累積速率亦有增加之趨勢，再顯示出春作始源供應之重要性。種皮表面積大之品種，子粒愈大（兩性狀呈顯著正相關），而且產量亦高（其中有限型品種在春作，半無限型品種在夏作，兩者相關均達顯著水準），該項結果似與 Hanson(16) 之推論相符合。至於單位種皮乾物累積速率與種子乾物累積速率有呈正相關之趨勢（其中以半無限型品種在夏作較為顯著），顯示單位種皮乾物累積速率與子粒（指單一種子）之充實關係密切，但單位種皮表面積乾物累積速率與百粒重及產量間之關係並不明顯，而且有限型及半無限型大豆品種之種子乾物累積速率在春作與百粒重呈顯著正相關，此點似乎和子粒充實速率與百粒重間之關係（表 5）稍有不同，顯示以整株估算子粒充實速率及以種子估算其乾物累積速率之兩種方法，其結果並不十分一致。此一現象在種子乾物累積速率與產量間之關係亦可發現（兩者相關不顯著），其主要原因是大豆產量構成要素中，除百粒重外，單株莢數亦甚重要，而且百粒重與單株莢數間又有負相關出現（以半無限型品種較顯著）（表 8），致使莢數雖多（如百美豆），但產量並未呈現最高（表 7）。

影響子粒充實期及充實速率之因子甚多，綜合本試驗結果似乎顯示，始源或為控制大豆子粒充實速率主要原因之一，如大豆晚生之莢果，其仍具有累積較多乾物質之潛能 (Egli 氏等⁽⁷⁾)，因受始源限制（葉片老化）才中止子粒之充實，故增加始源能力（分配非為大豆產量限制因子），對大豆產量之提升，應有正面效應。

影響大豆產量因子很多，就生理觀點而言，為子粒充實期及充實速率之綜合表現，但此二性狀與環境交感作用大，其與產量間之關係亦不甚穩定。本試驗結果顯示，以子粒充實期 (R5-R7) 作為選拔高產指標，尚不明確，但綜合兩不同生育習性品種之各生育期分析結果，有限型品種 R4-R7 期與

表 7. 不同生長習性大豆品種之種皮表面積、單位種皮面積乾物累積速率、種子乾物累積速率、百粒重、單株莢數及產量之差異（75年夏作及76年春作）

Table 7. Mean differences of seed coat area (SCA), dry matter accumulation rate per unit seed coat area (SDMAR), dry matter accumulation rate per seed (DMARS), 100 seed weight (100 SW), number of pods per plant (NOP) and yield of determinate and semideterminate soybean genotypes in summer (1986) and spring (1987) crop seasons.

Cultivars	SCA		SDMAR		DMARS		100 SW		NOP		Yield	
	Su.*	Sp.**	Su.	Sp.	Su.	Sp.	Su.	Sp.	Su.	Sp.	Su.	Sp.
	---m ² ---		--mg/m ² /s--		-mg/s/day-		----g----		--pods--		-- kg/ha--	
HL No.1	14018	16610	0.3529	0.1865	4.53	3.09	19.2	25.7	80.2	48.9	1801	2318
Tar-Lien-Tou	10706	12899	0.3416	0.1115	3.46	2.69	13.7	16.9	44.2	32.2	1149	857
Shih Shih	12605	15239	0.3271	0.1509	4.67	2.29	13.7	17.0	55.5	43.2	1718	1199
KSS No.10	10054	11684	0.3163	0.1949	5.18	2.41	14.2	18.4	76.7	60.9	1607	2601
Palmatto	9567	11112	0.3133	0.1974	3.54	2.24	11.3	15.5	134.5	84.4	1469	2356
HL No.2	11708	14717	0.3154	0.1967	3.70	2.90	15.8	24.6	76.0	51.5	1951	2622
LSD(5%)	4100	1929	0.0633	0.0335	0.95	0.33	0.8	2.2	10.9	18.1	1951	2622

*:(Su.) Summer. **: (Sp.) Spring.

產量間呈顯著正相關 ($r=0.75^{**}$)，因此 R4-R7 期長短似可作為選拔高產有限型品種之參考指標。子粒充實速率與產量間呈正相關，尤其在春作為顯著正相關，顯示子粒充實速率為春作大豆決定產量之重要生理性狀。營養器官乾物累積對大豆產量及子粒充實速率均有影響，而以有限型品種較為明顯，另外百粒重及單株莢數亦為二重要性狀，因此始源與積儲強度對大豆產量均有影響，種皮為同化物轉移到子粒的重要關卡，且種皮表面積與產量呈正相關，如可以種皮表面積代表始源強度，似乎顯示始源強度藉控制子粒充實速率而影響到產量。

表 8. 不同生長習性大豆品種種皮表面積、單位種皮面積乾物累積速率、種子乾物累積速率、百粒重、單株莢數間及產量之相關係數（75年夏作及76年春作）

Table 8. The correlation coefficients among seed coat area (SCA), dry matter accumulation rate per seed (DMARS), 100 seed weight (100 SW), number of pods per plant, and yield of determinate and semideterminate soybean genotypes in summer (1986) and spring (1987) crop seasons.

Cultivars	SCA		SDMAR		DMARS		100 SW		NOP	
	Su. #	Sp. ##	Su.	Sp.	Su.	SP.	Su.	Sp.	Su.	Sp.
Determinate var.										
SCA										
SDMAR	-0.02	-0.65								
DMARS	-0.48	0.24	0.33	0.57						
100 SW	0.71*	0.70*	-0.11	0.03	-0.08	0.76*				
NOP	-0.52	0.47	0.53	-0.33	0.46	0.05	-0.36	0.56		
Yield	0.55	0.74*	0.53	-0.09	0.25	0.68	0.47	0.94**	0.12	0.60
Semideterminate var.										
SCA										
SDMAR	-0.59	-0.47								
DMARS	-0.20	0.69	-0.99**	0.09						
100 SW	0.77*	0.85**	-0.14	-0.02	0.19	0.82**				
NOP	-0.54	-0.65	-0.20	0.03	-0.49	-0.73*	-0.84**	-0.82**		
Yield	0.79*	0.42	-0.48	-0.14	-0.21	0.46	0.79*	0.58	0.42	0.58

#:(Su.) Summer. ##:(Sp.) Spring.

*,** Significant at 5% and 1% levels, respectively.

n = 12

參考文獻

1. 張建生，1985，大豆品種對栽植密度之反應，花蓮區農業改良場研究彙報第一輯。pp.65-75.
2. Boerma, H.R. 1988. Canopy photosynthesis and seed-fill duration in recently developed soybean cultivars and selected plant introductions. *Crop Sci.* 28:137-140
3. Brim, C.A. Quantitative genetics and breeding. In:Caldwell, B.E. 1973. "Soybeans:Improvement, production, and uses." pp 157-161. A.S.A., Inc. Wiaconsin, U.S.A.
4. Dunphy, E.J., J.J. Hanway, and D.E. Green. 1979. Soybean yield in relation to days between specific development stages. *Agron. J.* 71: 917-920.
5. Egli, D.B. 1975. Rate of accumulation of dry weight in seed of soybean and its relationship to yield. *Can. J. plant Sci.* 55: 215-219.
6. Egli, D.B. and J.E. Leggett. 1973. Dry matter accumulation pattern in determinate and indeterminate soybeans. *Crop Sci.* 13: 220-222.

7. Egli, D.B., J.E. Leggett, and J.M. Wood. 1978. Influence of soybean seed size and position on the rate and duration of filling. *Agron. J.* 70: 127-130.
8. Egli, D.B. and I.F. Wardlaw. 1980. Temperature response of seed growth characteristics of soybeans. *Agron. J.* 72: 560-564.
9. Egli, D.B., J.H. Orf, and T.W. Pfeiffer. 1984. Genotypic variation for duration of seedfill in soybean. *Crop Sci.* 24: 587-592.
10. Egli, D.B., R.D. Grffy, and J.E. Leggett. 1985. Partitioning of assimilate between vegetative and reproductive growth in soybean. *Agron. J.* 77: 917-922.
11. Fehr, W.R. and C.E. Caviness. 1977. Stages of soybean development. Spec. Rep. No.80. Coop. Ext. Ser., Iowa State Univ., Ames.
12. Gay, S., D.B. Egli, and D.A. Reicosky. 1980. Physiological aspects of yield improvement in soybeans. *Agron. J.* 72: 387-391.
13. Hanson, W.D. 1985. Association of seed yield with partitioned lengths of reproductive period in soybean genotypes. *Crop Sci.* 25: 525-529.
14. Guldan, S.J. and W.A. Brun. 1985. Relationship of cotyledon cell number and seed respiration to soybean seed growth. *Crop. Sci.* 25: 815-819.
15. Hanson, W.D. 1986. Control of dry matter accumulation in soybean seeds. *Crop Sci.* 26: 1195-1200.
16. Hanson, W.D. 1988. Analysis of differences in sink activity among soybean genotypes based on dry matter accumulation rate per unit seedcoat area. *Crop. Sci.* 28: 830-834.
17. Hanway, J.J., and C.R. Weber. 1971. Dry matter accumulation in eight soybean varieties. *Agron. J.* 63: 227-230.
18. Ho, L.C. 1988. Metabolism and compartmentation of imported sugars in sink organs in relation to sink strength. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 39: 357-378.
19. Kaplan, S.L., and H.R. Koller. 1974. Variation among soybean cultivars in seed growth rate during the linear phase of seed growth. *Crop Sci.* 14: 613-615.
20. Kokubun, V. And Y. Asahi. 1984. Source-Sink relationships between the main stem and branches during reproductive growth in soybeans. *Japan Jour. Crop Sci.* 53: 455-462.
21. Nelson, R.L. 1986. Defining the seed-filling period in soybean to predict yield. *Crop Sci.* 26: 132-135.
22. Pfeiffer, T.W. and D.B. Egli. 1988. Heritability of seed-filling period estimates in soybean. *Crop Sci.* 28: 921-925.
23. Reicosky, D.A., J.H. Orf, and C. Poneleit. 1982. Soybean germplasm evaluation for length of the seed filling period. *Crop Sci.* 22:319-322.

24. Salado-Navarro, L.R., T.R. Sinclair, and K. Hinson. 1985. Comparisons among effective filling period, reproductive period duration, and R5 to R7 in determinate soybeans. *Crop Sci.* 25: 1050-1054.
25. Salado-Navarro, L.R., T.R. Sinclair, and K. Hinson. 1986 a. Yield and reproductive growth of simulated and field-grown soybean. I. Seedfilling duration. *Crop Sci.* 26: 971-975.
26. Salado-Navarro, L.R., T.R. Sinclair, and K. Hinson. 1986 b. Yield and reproductive growth of simulated and field-grown soybean. II. Dry matter allocation and seed growth rates. *Crop Sci.* 26: 971-975.
27. Smith, J.R. and R.L. Nelson. 1986. Selection for seed-filling period in soybean. *Crop Sci.* 26: 466-472.
28. Smith, J.R. and R.L. Nelson. 1987. Prediying yield from early generation estimates of reproductive growth period in soybean. *Crop Sci.* 27: 471-474.
29. Spaeth, S.C. and T.R. Sinclair. 1984. Soybean seed growth. I. Timing of growth of individual seeds. *Agron. J.* 76: 123-127.
30. Spaeth, S.C. and T.R. Sinclair. 1985. Linear increase in soybean harvest index during seed-filling. *Agron. J.* 77: 207-211.
31. Swank, J.C., D.B. Egli, and T.W. Pfeiffer. 1987. Seed growth characteristics of soybean genotypes differing in duration of seed fill. *Crop Sci.* 27: 85-89.
32. Tekrony, D.M., D.B. Egli, J. Balles, T. Pfeiffer, and R.J. Fellows. 1979. Physiological maturity in soybean. *Agron. J.* 71: 771-775.
33. Thorne, J.H. 1981. Morphology and ultrastructure of maternal seed tissues of soybean in relation to the import of photosynthate. *Plant Physiol.* 67: 1010-1025.
34. Zweifel, T.R. 1978. The relationship of yield to accumulation and partitioning of dry matter of eight soybean genotypes. M.S. thesis. Univ. of Florida.