

大豆品種對栽植密度之反應

張 建 生²

摘 要

本試驗係測定花蓮一號、台農四號（潤葉型）及AGS 62（狹葉型）等大豆品種對不同栽植密度（ 1.50×15 公分 $\times 1$ 株/穴， 2.50×15 公分 $\times 2$ 株/穴， 3.50 公分條播）之反應。經二年四期作（1982~83）試驗結果得知；參試品種葉面積指數（LAI）在結莢末期至子粒充實始期（ $R_4 \sim R_5$ stage）達到最大，株高亦在此時為最高，株高隨密度而增高，主要原因為節間抽長而節數並未增加，故較易倒伏。莢數隨密度增加而減少，分枝性強之品種，分枝莢數佔總莢數38~57%，其多寡，似可影響產量。收穫指數（HI）與產量是正相關，為使大豆營養器官生長適當，栽植密度宜與株型（葉型）配合，潤葉型大豆如花蓮一號，以疏植（ $13 \sim 14 \times 10^4$ 株/公頃）最佳，台農四號葉型較花蓮一號為小，以正常密度（ $25 \sim 26 \times 10^4$ 株/公頃）較適合，而狹葉種AGS62則以密植（ $35 \sim 36 \times 10^4$ 株/公頃）最佳，在上述最適當之栽植密度時，三品種之最大LAI均為4~6，有利於其生產潛能之發揮而導致高產。

前 言

大豆〔*Glycine max* (L.) Merr.〕通常是在自然狀態下，形成作物群落（community）狀態，其隣近之植株，因對太陽幅射能之需求，而呈相互競爭現象，如欲提高大豆生產力，除必須選用生產力高之品種外，在栽培技術上，如何調節作物群落之密度，使其能充分利用太陽能，亦屬重要之一環。

大豆花蓮一號因葉型較大，初期生育旺盛，且生產潛能頗高，今為瞭解此一品種之葉面積指數（Leaf area index. LAI）及乾物重與產量構成因素之關係，並探討如何能使該品種發揮其生產力，同時與一株型（plant type）完全不同型態之大豆品種比較在不同栽植密度之下，對產量與LAI間的相互關係。

一般大豆品種，若生育過於旺盛時，則後期之淨光合率減低（曾與李⁽³⁾），致使產量減低。以水稻而言，生育初期LAI小時，植株乾物重受LAI支配，且呈正相關，但若中期，葉之生長非常旺盛，則其生長率與LAI呈負相關（Shieh；⁽¹²⁾）。

-
1. 花蓮區農業改良場研究報告第5號，本試驗部分經費承農業發展委員會（計畫編號：71農建—4.1—產—109及72農建—4.1—產—143）補助，謹此致謝。
 2. 助理研究員兼股長。

以作物生長速率 (crop growth rate; CGR) 而言, 大豆之 CGR 在初期較快, 但至中後期 (子粒充實期後) 則開始下降, 而收穫期之乾物重亦較其他作物如玉米、甜菜等為低, 據 Kumura 報告指出生育期中大豆最大之 CGR 值為 $13\text{gm}^{-2}\text{day}^{-1}$, 而玉米及甜菜分別為 33 及 $23\text{gm}^{-2}\text{day}^{-1}$ 。

近年來大豆收穫指數 (Harvest Index; HI), 在產量選育應用上, 可作為選拔之依據 (5), 除品種間有差異外, 栽植環境不同, 亦影響其值, 當栽培環境適宜時, HI 與產量呈正相關 (14)。

花蓮地區日長較台灣西部為短 (4), 在此一環境下, 如何能使作物發揮最大之光合作用率, 實有探討之必要。本試驗擬就此一問題, 做初步之探討, 俾供今後栽培大豆之參考。

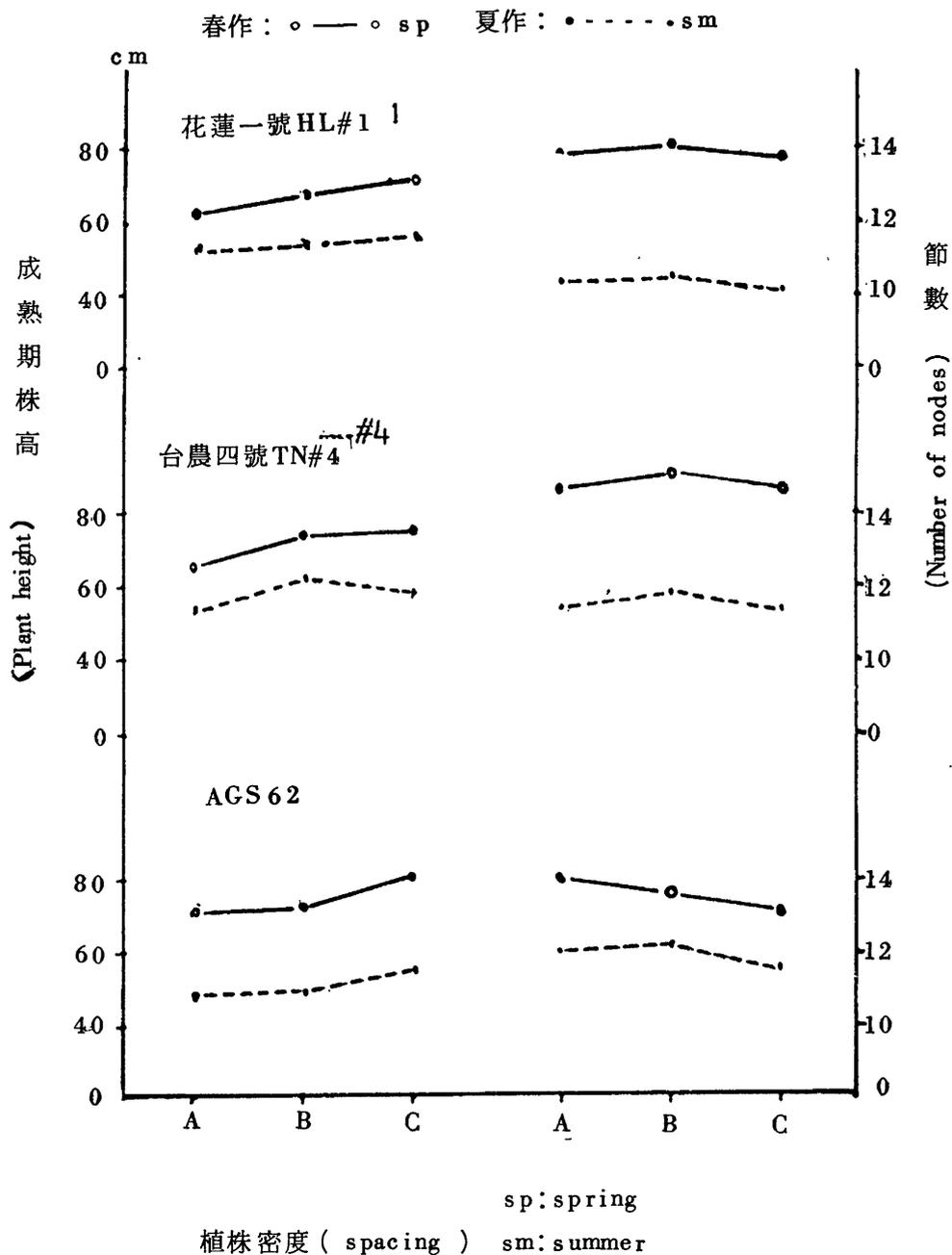
材料及方法

本試驗於民國 71 年及 72 年在花蓮縣吉安鄉本場試驗農場進行, 每年均分春、夏兩作進行試驗, 供試品種為花蓮一號、台農四號及 AGS62 三個品種, 前兩者為潤葉品種, 而後者則為狹葉品種。花蓮一號為本場於民國 68 年 10 月審查通過命名, 於 69 年起示範推廣, 目前在花蓮地區大部分農民均採用此一品種 (73 年種植 610 公頃, 佔花蓮地區栽培面積 80~85%), 台農四號為農試所育成, 於 59 年正式命名推廣, AGS62 號亞蔬選育之品系, 較適合夏作栽植。栽植密度處理分為 (1) 行株距 50×15 公分 \times 1 株/穴 (疏植), (2) 行株距 50×15 公分 \times 2 株/穴 (正常密度), (3) 行距 50 公分條播 (密植)。採 3×3 複因子試驗, 隨機完全區集設計, 重複四次, 五行區, 行長四公尺。施肥及管理方法按一般標準法行之。小區面積 10m^2 , 每重複小區分為二小區, 一小區供採取樣本調查用, 調查項目營養生長期包括株高、節數、分枝、葉面積指數 (LAI)、乾物重等, 開花期至成熟期 ($R_1 \sim R_9$) 每一時期之株高、節數、分枝、莢數、LAI、乾物重、收穫株量、產量、收穫指數等。乾物重將調查後之樣本置入烘乾箱以 70°C 恆溫乾燥 72 小時後秤量, 收穫指數計算參考 Donald (6) 氏計算水稻之 HI 方式為子粒乾重一全株乾重之百分比。作物生長速率 (CGR) 計算方式為 $W_2 - W_1 / t_2 - t_1 \times 1\text{pt}/\text{m}^2$ (1 株所佔面積), (單位 $\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$), 上述調查性狀自播種後 14~21 天開始, 每隔 7 天取樣 5 株調查。另一小區收穫全小區 (10m^2) 供測定產量用。72 年夏作增加調查莢分佈情形一項。

結果與討論

一、栽植密度對成熟期株高及節數之影響：

有限型 (Determinate) 大豆品種如花蓮一號之株高生長至結莢末期~子粒充實始期 ($R_4 \sim R_8$ stage) 達最高, 而無限型品種如 AGS62 則至子粒充實末期 (R_8 stage) 達最高 (圖一)。花蓮一號及 AGS62 之株高隨密度增加而增加, 但台農四號則以正常密度較高, 節數除 AGS62 在夏作隨密度增加而顯著減少, 花蓮一號及台農四號春、夏兩期作及春作之 AGS62 節數均以正常密度較多, 而密植時則有減少之趨勢, 顯此栽植密度增高, 會使節間抽長, 而使株高增加, 但易倒伏。



圖一、不同期作大豆品種對栽植密度在成熟期株高及節數之變化
(71 年與 72 年平均值)

Fig1. The response of plant height and number of nodes of soybean varieties to different spacing at maturity stage. (1982-1983 Average)

A : 50 × 15 公分 × 1 株 / 穴
 B : 50 × 15 公分 × 2 株 / 穴
 C : 50 公分條播

50 × 15cm × 1 pts / hill
 50 × 15cm × 2 pts / hill
 50 cm dilling

二、栽植密度對分枝數及單株莢數之影響：

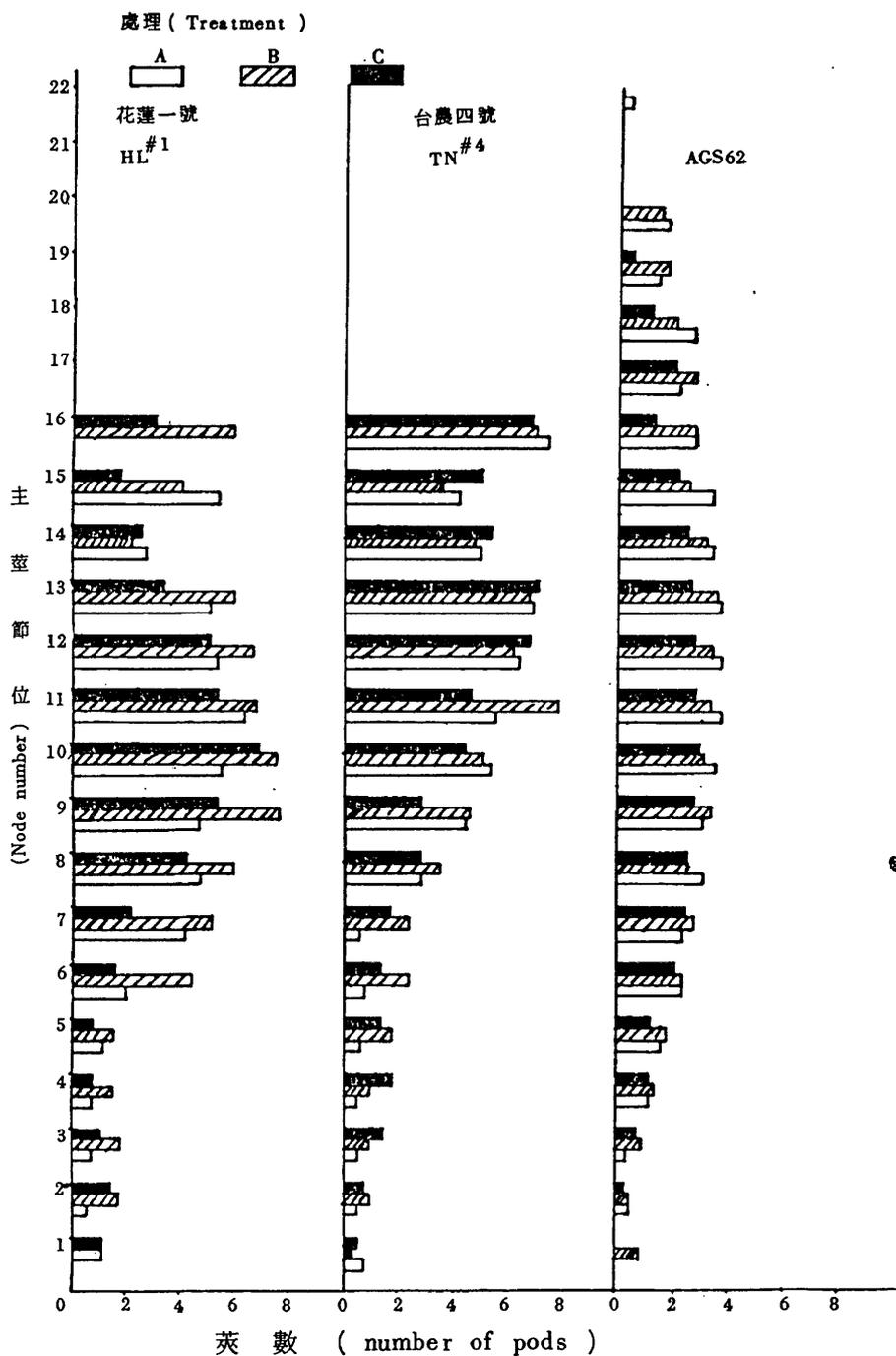
栽植密度對分枝數及單株莢數之影響如表一，由表一得知，春作分枝數受栽植密度影響較小，夏作則有隨栽植密度增加而減少之趨勢，尤其狹葉種 AGS62，密植時分枝數顯著減少。單株莢數不論在春、夏作均隨栽植密度之增加而減少。另於 72 年夏作調查各處理間果莢分佈於各節位之情形列如圖二。

| 品種 varieties | 密 度 | | 分枝數(支) NOB | | | | 單株莢數(莢) NOP | | | | 分枝莢數 Nop. on branches | 分枝莢數佔總莢 數% 1983(sm) Nop on branch No. of total pods |
|--------------------------|----------|--------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--|--|-----------------------------|--|
| | spacing | 株/穴 Pt/ hill | 71年1982 春 夏 sp. sm. | 72年1983 春 夏 sp. sm. | 71年 1982 春 夏 sp. sm. | 72年 1983 春 夏 sp. sm. | 71年 1982 春 夏 sp. sm. | 72年 1983 春 夏 sp. sm. | | | | |
| 花 蓮 # HL 1 號 | 50×15 cm | × 1 | 3.6 5.4 | 6.5 4.0 | 41.0 83.0 | 89.0 98.5 | 56.5 | 57.4 | | | | |
| | 50×15 cm | × 2 | 3.4 4.2 | 5.2 3.6 | 36.1 70.7 | 67.7 93.4 | 52.7 | 56.1 | | | | |
| | 50 cm條播 | drilling | 2.6 3.4 | 6.0 3.0 | 34.5 69.7 | 55.3 89.4 | 34.2 | 38.3 | | | | |
| 台 農 # TN 4 號 | 50×15 cm | × 1 | 3.8 6.2 | 6.8 4.1 | 39.4 80.4 | 81.0 108.3 | 56.5 | 52.2 | | | | |
| | 50×15 cm | × 2 | 3.8 4.2 | 6.5 4.5 | 40.6 78.5 | 75.8 94.7 | 51.5 | 54.4 | | | | |
| | 50 cm條播 | drilling | 3.0 3.7 | 7.5 3.8 | 39.2 58.2 | 71.4 80.2 | 39.3 | 49.0 | | | | |
| AGS 62 | 50×15 cm | × 1 | 2.3 2.2 | 3.7 3.7 | 35.4 63.8 | 89.4 83.1 | 36.9 | 44.4 | | | | |
| | 50×15 cm | × 2 | 2.1 2.9 | 3.9 2.9 | 33.5 58.9 | 84.5 63.7 | 22.8 | 35.8 | | | | |
| | 50 cm條播 | drilling | 2.0 1.0 | 3.7 1.0 | 31.7 36.8 | 80.7 37.2 | 6.0 | 16.1 | | | | |

* sp:spring, sm:summer

表一、不同期作大豆品種對栽植密度之分枝數與單株莢數之影響。

Tabl. The response number of branches (NOB) and number of pods (NOP) of soybean varieties to different spacings and seasons.



圖二、七十二年夏作栽植密度對大豆品種果莢分佈情形之影響
 Fig2. The distribution of pods under different spacings at 1983
 (summer crop season)

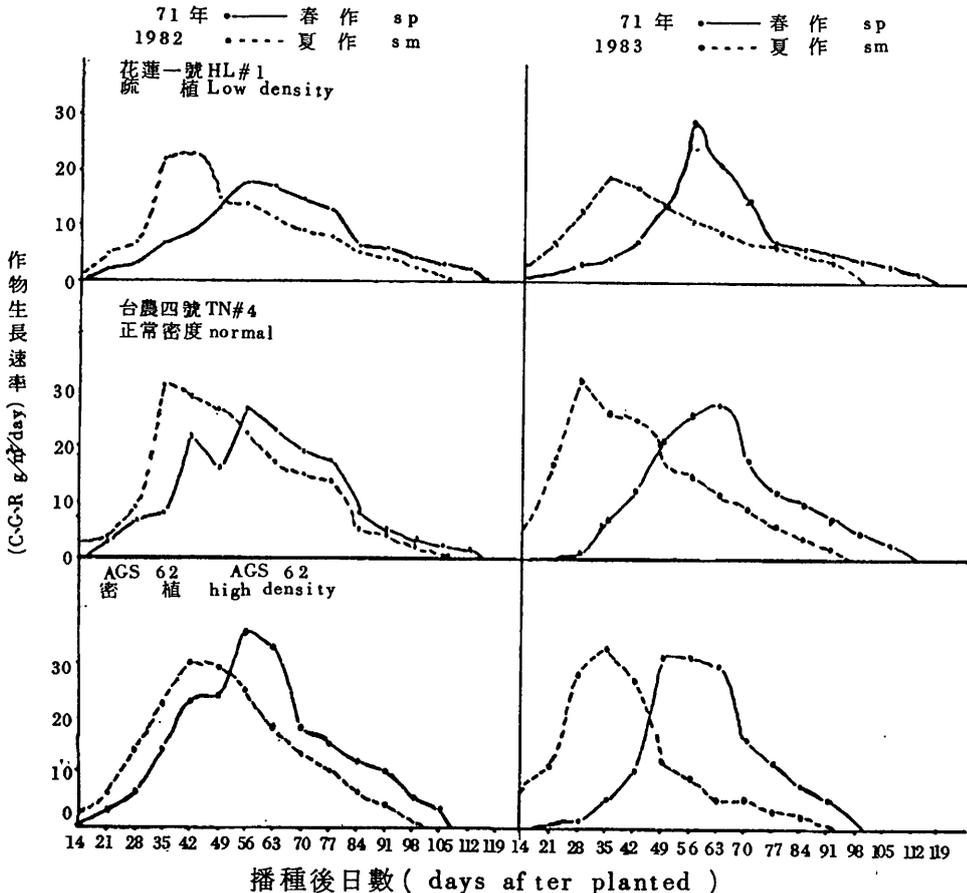
主莖節位莢分佈情形 (圖二) 以花蓮一號而言，疏植者自第七節 (由地面算起) 開始增多，至第十一節最多為 6.3 莢，正常密度者自第六節開始增多，而以第九節 7.7 莢為最多，密植者則自第八節開始增多，以第十節 6.7 莢最多，以上三處理之末端節果莢着生數並非最多，此與一般有限品種略不同⁽⁸⁾，但著生於分枝之莢數則有顯著差異，疏植者為 56.5 莢，佔總莢數之 57.4% (表一)，正常密度為 52.7 莢，佔總莢數 56.1%，而密植者顯

著減少，為34.2莢，佔總莢數之38.3%。台農四號莢之分佈，疏植與正常密度均以末端節最多，分別為7.0及7.4莢，此符合一般有限品種之特性，但分枝莢數此二處理無顯著差異，疏植者56.5莢，佔總莢數52.2%，正常密度為51.5莢，佔總莢數54.4%，密植者則減少為39.3莢，佔總莢數49.0%，無限型品種AGS62，其莢之分佈三處理每節均不超過4莢，且末端節之莢數約1~2莢，其分枝莢數差異亦大，疏植者為36.9莢，佔總莢數44.4%，正常密度為22.8莢，佔總莢數35.8%，而密植者僅有6莢，佔總莢數16.1%，由此可知，分枝性強之品種，分枝莢數對產量之影響甚大（因分枝莢數佔總莢數之38~56%），對於有此特性之品種，栽植密度應以不妨礙其分枝為準。

據Herbert and Litchfield (7) 試驗結果指出在低密度（疏植）栽植大豆時，分枝莢數所佔總莢數比例為30~40%，而密植時僅為7~16%，但Herber認為分枝莢數對高產並非重要，可能與其所採用之品種「Evans」分枝數較少有關，（按Evans之分枝數位於基部之節，即最多有3分枝）。如本試驗之AGS 62，分枝性較少，其疏植時分枝莢數佔總莢數之44.4%，而密植時僅佔16.1%。

三、栽植密度對不同時期乾物重及作物生長速率(CGR)變化之影響：

乾物重均隨栽植密度增加而降低，各品種自盛花期開始乾物重聚積急速增加，至子粒飽滿後，速率達到最高峰，而其生長速率之變化如圖之所示：

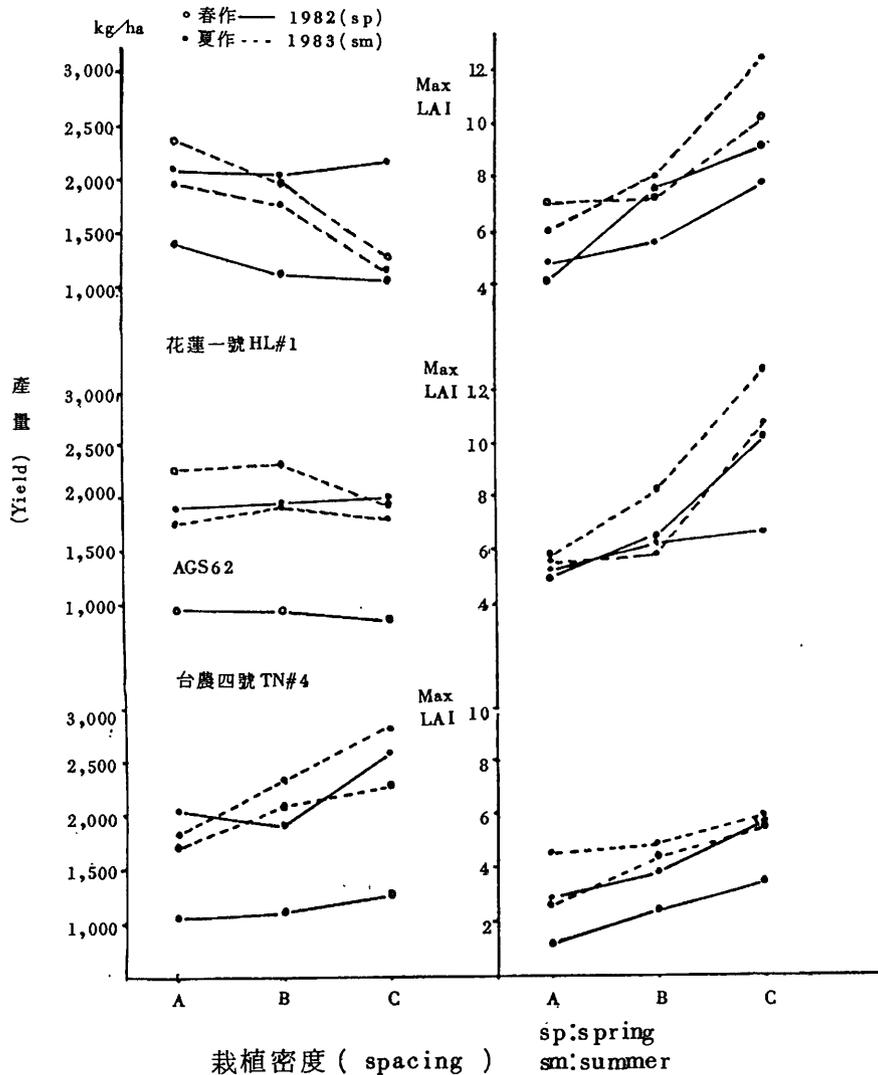


圖三、不同期作大豆品種對栽植密度生長速率之變化

Fig3. The crop growth rate (CGR) of soybean varieties to different spacings.

由圖三得知，有限型濶葉種大豆之CGR，春作在莢形成期至子粒充實始期（ $R_3 \sim R_4$ stage）達到最高，夏作則在盛花期（ R_2 stage）達到最高點，而無限型狹葉種AGS62之CGR其達到最高點時間則較遲，春作在子粒充實始期至子粒飽滿期（ $R_5 \sim R_6$ stage），夏作約在莢形成期至子粒充實始期（ $R_3 \sim R_5$ stage），此因AGS62至子粒充實期之際，仍有幼莢形成之故。但以大豆而言，較大之CGR與產量並非呈正相關，此與玉米及甜菜⁽¹⁰⁾不同。大豆生育期間，其CGR雖與密度呈正相關，但如何維持一適當之CGR，則須視品種之特性而調整其栽植密度，以獲得較高之產量。

四、栽植密度對產量及葉面積指數(LAI)之反應：



圖四、大豆品種產量及葉面積指數 (LAI) 對栽植密度之反應

Fig4. The response of yield and LAI of soybean varieties to different spacing.

- | | |
|-------------------|--------------------|
| A: 50×15 公分×1 株/穴 | 50×15 cm×1pts/hill |
| B: 50×15 公分×2 株/穴 | 50×15 cm×2pts/hill |
| C: 50公分條播 | 50cm drilling |

| 變因 AOV | 自由度 df | 均方 (1982) MS (1982) | | 均方 (1983) MS (1983) | |
|--------------|-----------|---------------------|--------------|---------------------|--------------|
| | | 春作 spring | 夏作 summer | 春作 spring | 夏作 summer |
| 品種 V | 2 | 254990.5** | 393337.8 | 366119.4 | 2729877.8** |
| 密度 P | 2 | 19786.4 | 277216.1 | 400219.4* | 163452.8 |
| 品種×密度 V×P | 4 | 20078.0 | 122750.5 | 1140306.2** | 1344469.4** |
| 機差 E | 18 | 38311.4 | 85324.2 | 84598.2 | 117415.7 |

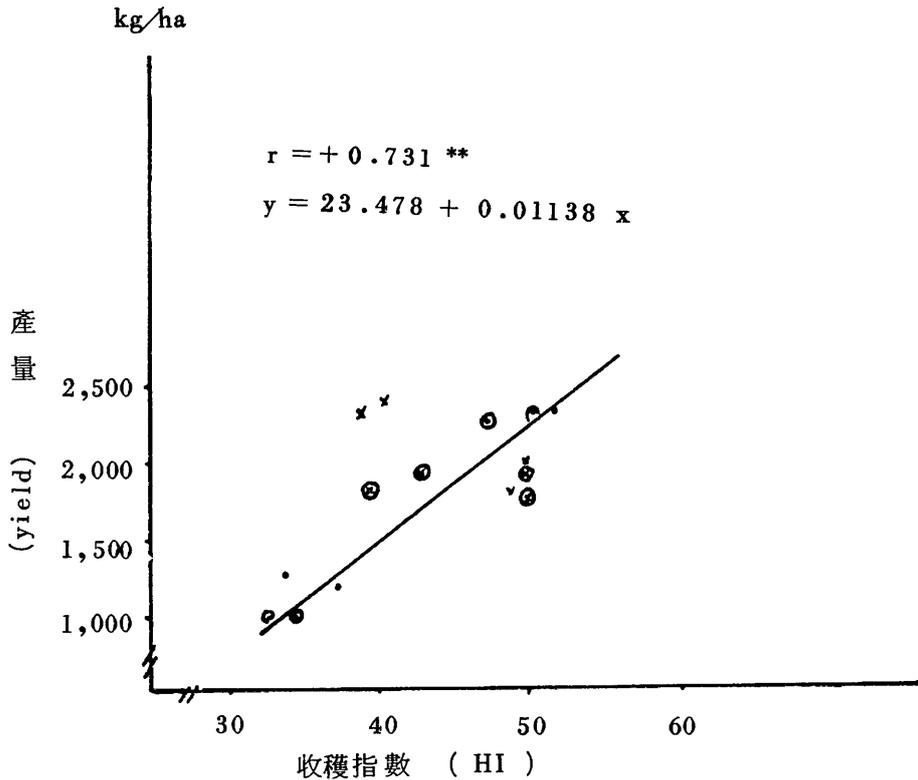
表二、不同年期大豆品種及密度之產量變方分析表

Tab 2. Analysis of variance for varieties and densities.

栽植密度對產量及葉面積指數之影響分別列如圖四及表二，七十一年調查結果，春作品種間差異達極顯著，但處理間差異不顯著（表二），產量以花蓮一號疏植最高為1379公斤/公頃，而其葉面積指數在子粒充實始期為4.0（圖四），台農四號亦以疏植較高為993公斤/公頃，葉面積指數在子粒充實始期為4.9，AGS62則以密植1254公斤/公頃最高，其葉面積在子粒充實始期為3.5。夏作產量品種及處理間差異均不顯著（表二）。花蓮一號仍以疏植2197公斤/公頃為最高，葉面積指數在子粒充實始期為5.6，台農四號以密植1961公斤/公頃較高，葉面積指數在子粒充實始期為7.9，AGS62以密植2520公斤/公頃最高，葉面積指數在子粒充實始期為4.5。七十二年結果；春作產量品種間差異為不顯著，但密度間差異達顯著水準，而品種×密度差異為極顯著。產量花蓮一號以疏植2360公斤/公頃最高，而葉面積指數在結莢末期為7.12，台農四號以正常密度2314公斤/公頃較高，葉面積指數在結莢末期為8.11，而AGS62則以密植2296公斤/公頃較高，葉面積指數在子粒充實末期為5.53。夏作產量品種間為極顯著，密度間為不顯著，而品種×密度間差異為極顯著。花蓮一號仍以疏植1944公斤/公頃較高，葉面積指數在結莢末期為6.00。台農四號以正常密度1934公斤/公頃較高，葉面積指數在結莢末期為5.90，而AGS62以密植2704公斤/公頃為最高，葉面積指數在子粒充實末期為5.84。七十二年春作因雨水較多，故葉面積較大。

五、收穫指數對產量之影響：

根據調查結果顯示（圖五），有限型潤葉品種之產量與收穫指數（HI）呈正相關（ $r = +0.731^{**}$ ），花蓮一號疏植時其收穫指數為34.3~51.8。欲求得較大之收穫指數，必須使營養器官（葉、莖等）與生殖器官（莢果）相互配合，Schapaugh and Wilcox⁽¹⁴⁾，報告中亦指出在合適環境下，收穫指數與產量呈正相關。顯示導致收穫指數最大之適當栽培環境，除氣候條件適宜外（諸如日長、氣溫、收穫期避免連續降雨等），首先應考慮大豆品種特性，探求其最適之栽植密度，使作物能充分利用太陽能，發揮其生產潛能，（其他如施肥技術正進行探討），使單位面積內乾物重達到最大，以獲得最高產量。



圖五、不同期作潤葉種大豆之收穫指數 (HI) 與產量之關係

Fig5. The Relationship of harvest index (HI) and yield of broad leaf soybean cultivars to different spacing at various crop season.

根據本試驗結果顯示，大豆隨栽植密度之反應與品種之特性關係甚大，且可影響該品種之性狀，諸如莢數、乾物重等隨栽植密度增加而減少（低），株高隨栽植密度增加而增高，但節數則減少，由此可知，栽植密度增加，會使節間抽長，易倒伏。大豆生育期間，其葉面積指數最大時期為 $R_2 \sim R_4$ 期應維持在4~6，可獲得較高產量Evans⁽⁶⁾報告，大豆之LAI達5~6時，可發揮其最大生產潛能，葉面積指數過高時，陽光透射不易，將使下半部葉片提早脫落，光合產物不均衡而使莢數減少，故密植會減少莢之形成⁽¹¹⁾。參試品種花蓮一號之特性為葉片較大，疏植時分枝莢數多，莖徑粗。據日本教授後藤寬治（1984年3月）來台考察玉米、大豆生產報告時指出「大豆高產特性與莖徑呈相關⁽⁵⁾」，顯示花蓮一號生產潛能頗高，故潤葉種花蓮一號以疏植（ $13 \sim 14 \times 10^4$ 株/公頃）時，可使植株群體受光良好，並且橫向生長，除可增加分枝數外，莖徑亦較粗，增加抗倒伏性，（不倒伏為高產之首要因素，莢數較多之品種，若因植株軟弱而發生倒伏，將導致減產）。如此可獲得最高產量，狹葉品種AGS62，因其分枝數少，且葉型（葉面積）較小，在密植（ $35 \sim 36 \times 10^4$ 株/公頃）時，產量較高。由此可知，尋找不同株型大豆品種之合適栽植密度，使能充分利用光能，以發揮其生產潛能，增加單位面積乾物重，以求得較大之收穫指數，將是今後提高大豆產量之主要研究課題。

1. 林安秋 (1980) , 氣候及生長季節與台灣雜糧增產——科學農業叢書第七號。P78~81。
2. 張建生 (1982) , 花蓮區農業改良場業務年報, P56~58。
3. 曾富生、李茂昇 (1977) , 科學發展, 第四期, P5~43。
4. 趙致康、蔡文福 (1980) , 從台灣農業區域研討雜糧增產——科學農業叢書第七號, P250~258。
5. 後藤實治 (1984) ; 1984年3月來台指導玉米、大豆發展檢討會中報告。
6. Evans, L.T. (1975), Crop physiology. P151-190。
7. Herbert, S.T. and Litchfield, G.V. (1980), Partitioning soybean seed yield component, Crop sci. vol. 22. 1074-1079
8. James, P.S. and whigham, D.K. (1981), Soybean growth types for Northern soybean Areas, Iowa state university。
9. Kanji Gotoh (1980), Some approaches to higher yields in soybean。
10. Muata, Y. (1975), Crop productivity and solar energy utilization in various climates in Tapan。
11. Norman, A.G. (1978), Soybean Physiology, Agronomy and Utilization. Academic Press, Inc. P15-41。
12. R.M. Shibles, (1975) Crop physiology. (P151-190)。
13. Safo-Kantan Ka. O. and Lowson, N.C. (1980), The effect of different row spacing and plant arrangements on soybean. Can. J. plant Sci. 60, 227-231。
14. Schapaugh, Tr. W.T. and wilcox. T.R. (1980), Relationships between harvest indices and other plant characteristics in soybean. Crp. sci, Vol. 20, 529-535。