

樹豆省工經濟栽培模式之研究

黃立中¹

¹農業部臺東區農業改良場作物改良科助理研究員

摘要

樹豆為原住民族傳統作物，環境適應性優良，富含蛋白質、膳食纖維與礦物質，為臺東地區特色雜糧作物之一；目前樹豆均以人工採收，因人力成本過高，影響農友收益，因而降低栽種意願，不易擴大樹豆種植面積。本研究以密植栽培開發樹豆省工採收技術，並以慣行栽培做為對照，結果顯示密植栽培中，行株距50公分×25公分處理組之採收成本與採收時間僅為慣行栽培（150公分×150公分）的13.4%與0.7%，產量可增加21%、株高降為154公分（降低52.8公分），縮短生育日數至211日（縮短97日），此外尚有縮小樹豆莖桿直徑、可利用雜糧聯合收穫機採收，並利於整地耕犁作業之優點。

一、前言

樹豆（*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.）又稱為木豆，可做為糧食或飼料使用，栽培歷史可追溯至4,000年前非洲與亞洲地區，為國際上重要作物之一，性喜溫暖氣候，廣泛分布於非洲、亞洲與加勒比海等地的熱帶與亞熱帶地區。在臺灣為原住民特色作物，由於不耐寒害與霜害，中低海拔之原住民地區較為常見。樹豆花序為無限生長型，故可發現花、鮮莢與熟莢共存同一枝條之現象（圖1）。籽粒以圓形、橢圓形居多。因種子小、易攜帶與保存、富含營養，並具耐熱、耐旱與耐貧瘠等環境適應性，為原住民族開墾遷徙與食用的重要作物。其生產管理方式較為粗放，不需精細栽培，在原民部落中占有一席之地。

樹豆慣行栽培為3-4月播種，12月至隔年2月成熟，生育期約8-11個月，一般會選擇全株有80%豆莢成熟時採收，過晚採收豆莢會有開裂情形（圖2），若採收時遇連續降雨，豆莢可能發霉或種子發芽，降低產量與品

質。採收時會將豆莢及莖桿一同剪下進行日曬，曬乾後以木棒輕敲脫粒，再由風選機將殘枝去除，留下種子。

目前慣行栽培面臨3個困境：（一）採收成本過高：採收時以人工為主，過高的人力成本，直接影響收益，且人工採收效率低，若種植面積較大，易錯過最適採收期，降低產量與品質；（二）生育期過長：樹豆生育期長達8-11個月，在輪作制度上搭配不易，難以安排與其他作物交替種植，複作指數低；（三）殘株處理不易：植株成熟期莖桿過粗，需以人力挖除或以怪手挖掘殘株，否則將影響下一期作整地耕犁作業。因慣行栽培方式具有上述3個缺點，使樹豆不易產業化栽培，多為小面積生產自用。為改進慣行栽培缺點，執行樹豆省工經濟栽培模式之研究，探討延後播種及不同栽培密度對樹豆農藝性狀與產量之影響，並分析機械採收與人工採收的成本效益，做為未來推廣樹豆省工栽培模式的基礎。



圖1. 樹豆花、鮮莢與熟莢共存同一枝條
Fig. 1. Flowers, immature pods and matured pods coexist on the same branch of pigeon pea.



圖2. 樹豆過晚採收之豆莢於田間開裂
Fig. 2. Splited pod which is harvested too late in the pigeon pea field.

二、材料與方法

- (一) 試驗地點：本場豐里試驗地。
- (二) 試驗材料：樹豆‘臺東1號’。
- (三) 試驗處理與試驗設計：試驗時間為2022年8月至2023年4月，8月播種，行距50公分，分別以25、50、75公分株距做為試驗處理（下稱密植栽培），並以4月播種、行株距為150公分×150公分者做為對照（下稱慣行栽培）。田間採完全隨機設計（CRD），每小區面積為9公尺×6公尺，調查面積為3公尺×3公尺，4重複。
- (四) 調查項目：成熟時調查植株生育日數、株高、分支數、地上部乾重、百粒重、莖桿直徑、始莢高度與產量，並調查人工採收與雜糧聯合收穫機之採收時間與成本。
- (五) 統計分析：本試驗數據之差異性使用變異數分析(ANOVA)及最小顯著差異法進行分析（Fisher’s protected Least Significant Difference, LSD）。

三、結果與討論

(一) 樹豆不同栽培方式對株高、分支數、地上部乾重與百粒重的影響

3種密植栽培處理的株高介於154.0-156.3公分，各處理間無顯著差異，但均顯著低於對照組慣行栽培之206.8公分；分支數以慣行栽培最多，為4.3支，密植栽培處理則較少，介於2.6-3.4支，50公分株距與慣行栽培處理間無顯著差異；地上部乾重以慣行栽培之3,912.5公克顯著最重，密植栽培均較輕，其中以25公分株距栽培者最輕，為139.8公克（表1）。樹豆的株高、分支數及地上部乾重和植株生育茂盛度相關，這3者數值愈高，表示植株生長愈茂密，由結果可看出密植栽培之植株明顯小於慣行栽培。而7-10月為颱風好發期，慣行栽培之樹豆於此期間植株已生長茂密、株高較高，遇颱風發生倒伏與折枝風險高；陳（2017）提出可立支柱支撐莖桿、並修剪冗枝降低受風面，或將樹豆延後至6-7月播種以縮小植株，此論點與本研究結果類似，均可縮小植株並降低颱風危害風險。

百粒重與種子大小相關，同一品種的百粒重愈重，代表種子愈大顆與

飽滿，密植栽培與慣行栽培的樹豆百粒重介於10.43-10.75公克（表1），二者間無顯著差異，顯示不同播種時間及不同行株距對種子大小與飽滿程度無明顯影響，此與Indudhar Reddy等（2020）研究指出栽培密度對百粒重無顯著影響之結果相似。

表1. 樹豆不同栽培密度對農藝性狀之影響

Table 1. The effect of agronomic characters of pigeon pea by the different cultivational densities.

Spacing between rows and plants (cm × cm)	Height (cm)	Number of branch (branch)	Shoot dry weight (g/plant)	100-seeds weight (g)
50 × 25	154.0 ± 2.8 ^y b ^z	3.0 ± 0.1 b	139.8 ± 7.4 c	10.75 ± 0.21 a
50 × 50	156.3 ± 1.3 b	3.4 ± 0.2 ab	304.6 ± 5.7 bc	10.60 ± 0.15 a
50 × 75	156.0 ± 2.6 b	2.6 ± 0.1 b	425.3 ± 37.9 b	10.43 ± 0.21 a
150 × 150	206.8 ± 9.2 a	4.3 ± 0.5 a	3,912.5 ± 164.8 a	10.75 ± 0.21 a

^y Mean ± Standard error (n=4).

^z Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

（二）樹豆不同栽培密度對莖桿直徑、始莢位高度與機械採收之比較

本研究以大豆機械採收常見採收高度之10-15公分、部分雜糧聯合收穫機採收高度上限60公分為參考依據，測量樹豆離地15公分及60公分莖桿直徑，並建立始莢位高度及莖桿直徑資料，做為未來調整雜糧聯合收穫機機械參數使用。結果顯示慣行栽培處理離地15公分、離地60公分與始莢位莖桿直徑分別為6.41公分、1.90公分與1.28公分，均顯著高於密植栽培處理離地15公分、離地60公分與始莢位莖桿直徑之1.25-1.86公分、0.93-1.10公分與0.52-0.54公分。慣行栽培組離地15公分處莖桿過粗，聯合收穫機的割刀難以順利切斷，不利機械採收，若將採收高度提升至離地60公分處或始莢位高度採收較細莖桿，殘留的過粗基部莖桿需以人工或怪手挖除（圖3），否則後續整地耕犁的曳引機迴轉犁刀容易磨損且不易切碎殘株，影響後期作物生長；密植栽培處理的樹豆莖桿直徑可明顯縮短（表2），可讓雜糧聯合收穫機順利切斷莖部並採收樹豆（圖4），基部莖桿直徑亦明顯縮小，採後可直接使用曳引機進行整地耕犁、將殘株打入田間，減輕殘株處理問題。



圖3. 成熟期樹豆基部莖桿直徑，左為密植栽培處理，右為慣行栽培處理
Fig. 3. The diameter of pigeon pea stem base. The method of dense cultivation (A), and traditional cultivation (B).



圖4. 雜糧聯合收穫機可將密植栽培樹豆莖部切斷（左）並採收（右）
Fig. 4. The combine harvester can cut off and harvest the dense planting cultivation method of pigeon.

表2. 不同栽培密度之樹豆莖桿直徑、始莢位高度與莢長

Table 2. Stem diameter, initial pod height and pod length of pigeon pea in different cultivation densities.

Spacing between rows and plants (cm×cm)	Stem diameter of 15 cm height (cm)	Stem diameter of 60 cm height (cm)	First pod height (cm)	Stem diameter of first pod height (cm)	Length of pod (cm)
50×25	1.25 ± 0.01 ^y c ^z	0.93 ± 0.02 b	99.7 ± 3.2 a	0.52 ± 0.02 b	6.3 ± 0.0 a
50×50	1.83 ± 0.02 b	1.04 ± 0.04 b	89.2 ± 1.2 b	0.54 ± 0.02 b	6.6 ± 0.2 a
50×75	1.86 ± 0.06 b	1.10 ± 0.06 b	92.1 ± 1.4 b	0.54 ± 0.05 b	6.1 ± 0.1 a
150×150	6.41 ± 0.23 a	1.90 ± 0.22 a	76.5 ± 2.5 c	1.28 ± 0.07 a	6.6 ± 0.1 a

^y Mean ± Standard error (n=4).

^z Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

始莢位高度是指地面至植株第1個豆莢結莢位之高度，結果顯示以密植栽培株距25公分處理之99.7公分最高，對照組株距150公分之76.5公分最低，具有行株距愈大、始莢位高度愈低之趨勢。始莢位高度會影響機械採收的高度，一般機械採收的採收高度會配合作物始莢位高度進行調整，若採收高度高於始莢位高度，則低節位豆莢未被採收而造成損失；若採收高度離始莢位高度過低，將採入大量莖葉，無益於產量，且會使收穫機的割刀過於接近土面，在採收過程中可能會因田區不整而使收穫機的割刀切到石粒磨損或混入砂土^(1,5,7)。本研究密植栽培處理樹豆的始莢位高度介於89.2-99.7公分，較機械採收高度60公分尚高有29.2-39.7公分，扣除莢長介於6.1-6.6公分，仍有提高採收高度10-20公分的空間。農友進行樹豆機械採收時，建議應依照田間植株始莢位高度、莢長等植株生長狀況與使用的雜糧聯合收穫機可採收高度範圍，決定機械採收的高度，以達最佳採收效果。

(三) 樹豆不同栽培密度對產量、生育日數與採收成本分析比較

農友收益與產量及採收成本息息相關，生育日數則會影響全年輪作制度之作物搭配，因此本研究調查前述3者數據，比較密植栽培與慣行栽培之差異。調查結果顯示，產量隨栽培密度增加而增加，以密植栽培25公分株距之產量最高，為1,113公斤/公頃，慣行栽培的產量最低，為920公斤/公頃（表3）。樹豆延後播種密植除增加產量外，生育期也可縮減近97日，有利

於輪作其他作物。黃等（2023）將樹豆延後至7月中旬播種，並以行株距60公分×24公分種植之結果顯示，生育日數可縮短2-5個月，產量為1,039公斤/公頃，均與本試驗結果相近。

表3. 不同栽培密度之樹豆生育日數與產量調查結果

Table 3. Days to mature and yield of pigeon pea in different cultivation densities.

Spacing between rows and plants (cm × cm)	Sowing date	Harvesting date	Days to mature (days)	Yield (kg/ha)
50 × 25	August 3, 2022	March 2, 2023	211	1,113 ± 29 ^y a ^z
50 × 50	August 3, 2022	March 20, 2023	229	1,040 ± 5 b
50 × 75	August 3, 2022	March 14, 2023	223	951 ± 18 c
150 × 150	April 19, 2022	February 21, 2023	308	920 ± 33 c

^y Mean ± Standard error (n=4).

^z Means within same column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

雜糧作物因採收成本與效率考量，使用機械採收蔚為趨勢，本研究機械採收及人工採收成本如表4所示，密植栽培的機械採收成本為慣行栽培人工採收成本之13.4%，每公頃約可節省採收成本97,000元，且每公頃的機械採收所需時間僅為人工採收的0.7%，大幅提升採收效率，降低採收速度較慢而延誤採收時機之風險；若遇採收期的天氣不穩定，也可趁晴天時以雜糧聯合收穫機迅速採收，減少田間降雨使豆莢發霉、發芽而影響產量。依據黃等（2023）研究結果顯示，每公頃機械採收時間與人工採收時間分別為6.7小時與50人天（每天工作時間8小時，計400小時），與本試驗機械採收與人工採收時間之3.7小時與560.2小時略為不同，推測為操作速度差異所致；黃等的研究指出，人工採收時間較少，故人工採收成本較低，僅為87,200元，在該研究中使用機械採收則可節省72,200元的採收成本；另外，機械採收時間及成本分別為人工採收時間及成本的1.7%與17.2%，與本研究均具有省工、快速、省成本之優點。本研究的種植地點、時間與行株距離略有不同，但均獲得相似結果與趨勢，由此可見樹豆發展密植栽培之潛力，未來可至臺東縣其他鄉鎮執行場外試驗，建立不同地區氣候環境對於密植栽培之影響資料，並評估大面積推廣之可行性。

慣行栽培樹豆採收後需再人工脫粒，成本較高，反觀雜糧聯合收穫機在採收過程會一併進行脫粒作業，出料口即為樹豆籽粒且無明顯破損，

此亦為樹豆機械採收優勢之一。樹豆以人工脫粒或機械採收後的籽粒仍會夾雜些許莖葉，仍需進一步人工挑出或使用風鼓機風選以去除雜質，若有適用於樹豆之種子選別分級機，更可如大豆選別分級機般自動進行種子分級，提高樹豆種子品質^(2,4)。

表4. 不同栽培密度之樹豆採收成本分析

Table 4. The cost and time of harvest for pigeon pea in different cultivation densities.

Spacing between rows and plants (cm×cm)	Method of harvest	Harvest time (h/ha)	Harvest time index (%)	Cost of harvest (NTS/ha)	Cost of harvest index (%)
50×25	Mechanical	3.7	0.7	15,000	13.4
50×50					
50×75					
150×150	Manual	560.2	100.0	112,000	100.0

四、結論

樹豆傳統上以人工採收為主，耗費人力成本，影響農友收益因而減少種植意願，本研究探討慣行栽培與密植栽培之比較試驗，結果顯示密植栽培可藉由改變種植時間及植株密度等，搭配雜糧聯合收穫機進行採收，建立省工採收技術，降低採收成本、提升採收效率，其中以50公分×25公分行株距種植者最佳，具有產量最高、利於機械採收之較細莖桿直徑優點，且因生育期縮短，有利於輪作其他作物，可增加農作的收益。

參考文獻

1. 王明茂。1976。大豆機械採收。豐年半月刊26(12)：30。
2. 張光華、簡宏諭、蔡秉芸、邱淑媛。2019。大豆選別分級設備。花蓮區農技報導132：1-3。
3. 陳振義。2017。樹豆不同播種期栽培技術。臺東區農技報導53：1-3。
4. 黃佳興、陳緯宸、詹凱峻、張光華。2023。樹豆省工機械栽培介紹。花蓮區農業專訊124：7-9。
5. 詹平喜。1990。大豆聯合收穫機在花蓮區使用遭遇之困難及改進措施。花蓮區農業推廣簡訊7(1)：22-23。
6. Indudhar Reddy, K., A.V. Ramanjaneyulu, M.V. Nagesh Kumar, C.V. Sameer Kumar, and M. Venkata Ramana. 2020. Performance of pigeonpea (*Cajanus cajan* L.) varieties under different spacings during rabi season. *Curr. Appl. Sci. Technol.* 39(31): 61-66.
7. Kuzbakova M., G. Khassanova, I. Oshergina, E. Ten, S. Jatayev, R. Yerzhebayeva, K. Bulatova, S. Khalbayeva, C. Schramm, P. Anderson, C. Sweetman, C.L.D. Jenkins, K. L. Soole, and Y. Shavrukov. 2022. Height to firstpod: A review of genetic and breeding approaches to improve combine harvesting in legume crops. *Front. Plant Sci.* 13:948099. doi: 10.3389/fpls.2022.948099.

Research on Labor-saving and Economical Cultivation of Pigeon Pea

Li-Zhong Huang¹

¹Assistant Researcher of Crop Improvement Section of Taitung DARES, MOA

Abstract

Pigeon pea is a traditional crop of indigenous peoples, environmental adaptability well and richness in protein, dietary fiber and minerals, and one of the special local upland crops in Taitung. Pigeon pea is currently harvested by manually, the labor cost is high, that would be less income for farmers, and hard to expand the pigeon pea planting area. We developed the labor-saving harvesting technology for different cultivation densities of pigeon pea to compare with traditional cultivation method. The results showed the harvesting cost and harvesting time of the 50cm×25cm treatment (inter and intra row space respectively) in the dense planting cultivation method reduce to 13.4% and 0.7%, respectively, yield could be increased 21%, plant height is 154 cm (reduced 52.8 cm), and days to mature reduced to 211 days (reduced 97 days). It would be reduced the stem diameter of the pigeon pea, harvested by combine harvester, and plowing conveniently for next cropping.