

## 栽培密度對高粱產量性狀之影響<sup>1</sup>

王強生 林淑雲 劉大江<sup>2</sup>

**摘要** 試驗以高粱臺中五號為材料，1985年秋作與1986年春作以每公頃40萬、20萬與10萬株之密度栽培，1987年春作以每公頃40萬、33萬、25萬與20萬株之密度試驗，收穫後續行宿根栽培，探討對產量性狀表現的影響。1985/86年試驗結果發現單株產量雖因疏植而提高，但公頃子粒產量依族群密度增加而提高，秋作產量又高於春作；公頃株數為40萬株處理之產量在春作為 9.7 t/ha，秋作為 14.5 t/ha；春、秋作慣行栽培之20萬株處理產量分別為6.9與11.0 t/ha。密植增產的主因為單位面積粒數增多，千粒重之影響層次。1987年春作密植雖亦有提高產量的趨勢，但以配合重氮肥處理之效應較為顯著，且增產幅度小於1985/86年之結果；密植增產亦為單位面積穗數與粒數增加所致，千粒重的影響不大。宿根作高粱單位面積產量對栽培密度的反應較不明顯，但單株產量則極顯著隨疏植而增加。宿根作子粒產量極高，各處理之產量達 14-17 t/ha 之間，亦即適於密植栽培；但氮肥施用量對宿根高粱產量之影響較不明顯，有關肥力問題猶待確定。綜合而言，臺中五號高粱品種具有極高的生產潛力，再生能力強，耐密植而不倒伏，現行栽培密度應有再予提高的可能。

高粱為國內重要雜糧作物之一，近年來栽培面積迅速增加，單位面積產量在民國七十六年高達 4,616 kg/ha，超過飼料玉米之每公頃 4,001 kg/ha (農林廳, 1988)，具有相當的發展潛力。

高粱的產量構成要素包括單位面積穗數、每穗粒數與平均千粒重 (Heinrich et al., 1983)；Eastin (1983) 認為每穗粒數與產量之關係最為密切，Beil and Atkins (1967) 也有相同的報告，並認為千粒重對產量的影響並不重要。Blum (1967) 進一步調查高粱穗部各組成分和產量之關係，發現一穗分枝環節數、每環節分枝數及每一分枝粒數均與產量呈正相關。由於對多數禾本科作物而言，單位面積穗數與每穗粒數互為影響，所以採用適合的栽培密度，求取最高的單位面積粒數，是提高作物產量的重要考慮因素之一。

國外有關高粱栽植密度的試驗報告頗多，但大多僅注重收穫時產量或產量構成要素之分析 (Eastin, 1983; Heinrich et al., 1983; Myers and Foale, 1981)，較少對影響產量之生理機制進行研究。本所作物生理研究室因而擬具試驗，除探討栽培密度對產量性狀的影響外，並針對乾物質累積與分配、光合作用速率及與光合成有關之生理與生化性狀表現進行調查分析，以對高粱產量生理有進一步的瞭解。本文僅報告產量部份結果，其他資料將另文發表。

### 材料與方法

本試驗以雜交高粱臺中五號為材料，1985年秋作與1986年春作試驗採用之密度處理分為三種，即株距為 25×10cm (稱為 D1 處理，合每公頃40萬株)、50×10cm (D2 每公頃20萬株) 與 50×

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第1462號。本試驗承行政院農業委員會補助部份經費 (75農建—7.1—糧—79—1 及77農建—7.1—糧—03—18)，謹致謝意。

2. 分別為本所農藝系助理研究員、計畫助理及研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

20cm (D3 每公頃10萬株)；又於抽穗期將 D1 族羣間拔為 D2 密度 (D1-D2 處理) 及 D3 密度 (D1-D3) 及將 D2 族羣間拔為 D3 密度 (D2-D3) 等三種密度變化處理, 共計六種處理; 小區面積 30 (6×5) m<sup>2</sup> 重複四次, 採用完全逢機區集設計。播種時每穴播四粒種子, 出土後間拔留一株。肥料用量為每公頃硫酸銨 600kg、過磷酸鈣 500kg 及氯化鉀 100kg, 其中氮肥以基肥與二次追肥分施, 磷、鉀肥以基肥方式一次施用。高粱生育期間施用殺草劑與農藥防治雜草與病蟲害, 並去除分蘗及行中耕培土。

1987年春作亦以臺中五號品種為材料, 播種時每穴播三粒種子, 出土後間拔為一株, 收穫後行宿根處理, 每株僅留一個再生芽。試驗採用裂區設計, 重複三次, 以氮肥用量為主區, 密度處理為副區, 小區面積為 48m<sup>2</sup>。春作之氮肥 (硫酸銨) 施用量為每公頃600與 900kg, 每一施肥處理於宿根之夏作再區分為每公頃施用 600與 1,200kg 兩種氮肥用量; 過磷酸鈣及氯化鉀之公頃施用量分別為500與 100kg; 肥料之施用方法與1985/86年試驗相同。栽培時所採用之株距均為 10cm, 行距分別為 25、30、40及 50cm, 四處理之公頃株數分別為400,000、333,333、250,000與200,000株。

於高粱成熟期調查每穗分枝數、有效分枝數、穗長、每穗粒數、千粒重、每穗粒重等產量性狀, 並計算公頃子粒產量。所有試驗結果均經變方分析, 並以 Duncan's New Multiple Range Test 比較差異之顯著性。

### 結果與討論

1985/86年試驗不同栽培密度對高粱穗部性狀之影響列於表 1; 秋作之全穗長均隨密度降低 (D1-D2-D3) 而增長, 與 Fischer and Wilson (1975) 之結果相同, 三處理依次為22.0、24.0與 26.8cm; 於抽穗期間拔改變族羣密度三個處理 (D1-D2、D1-D3 與 D2-D3) 中, 僅後二者穗長略

**Table 1.** Yield characteristics of sorghum Taichung No. 5 as affected by various planting-density treatments.

Treatment*	Panicle Length (cm)	Node No. per Panicle	Branch No. per Panicle	Noneffective Branch Number	Kernel No. per Panicle	1,000-Kernel Weight (g)	Kernel Weight per Panicle (g)	Kernel Yield (t/ha)
Fall Crop, 1985								
D1	22.0c**	14.4ab	56.1bc	2.3ab	1,193b	30.5b	33.3d	14.5a
D2	24.0b	14.6ab	59.6a	1.6c	1,759a	32.2b	55.2b	11.0b
D3	26.8a	15.0a	62.2a	0.5e	1,939a	34.6ab	67.2a	6.7d
D1-D2	21.5c	14.1bc	54.7c	2.6a	1,135b	36.7n	41.6cd	8.3c
D1-D3	23.2b	13.4c	58.2abc	2.1b	1,290b	36.8a	47.5bc	4.8e
D2-D3	25.1b	14.9a	59.6ab	0.9d	1,943a	34.3ab	66.7a	6.7d
Spring Crop 1986								
D1	20.0b	13.5a	51.0a	3.7a	811c	29.8b	24.4d	9.7a
D2	21.8a	13.0a	54.2a	2.0b	1,195b	28.9b	34.5b	6.9b
D3	22.6a	13.7a	52.4a	0.7c	1,435a	29.8b	42.7a	4.3d
D1-D2	19.3b	13.7a	49.2a	4.0a	892c	32.2a	28.6cd	5.7c
D1-D3	20.4b	13.0a	51.2a	4.1a	916c	33.1a	31.8bc	3.0e
D2-D3	22.2a	12.9a	52.7a	1.1c	1,315ab	30.1b	39.5a	4.0de

\*D1: Plant spacing 25×10cm, or 400,000 plants/ha; D2: spacing 50×10cm, or 200,000 plants/ha; D3: spacing 50×20cm, or 100,000 plants/ha; D1-D2: plants of D1 thinned to D2 density at heading; D1-D3: plants of D1 thinned to D3 density at heading; D2-D3: plants of D2 thinned to D3 density at heading.

\*\*Means with the same letter within each column of a crop season are not significantly different at 5% probability level by Duncan's New Multiple Range Test.

有增加，但仍較原疏植之 D3 處理為短，顯示穗長受抽穗前之密度影響較大，抽穗時再予間拔之作用已不明顯，不同於玉米之表現（王等，1987）。春作高粱穗長變化趨勢與秋作相似，但略短於秋作穗長（表 1）。

高粱每穗節數與分枝數被認為與產量有正相關關係存在（Blum, 1967），本試驗各處理間每穗節數差異不大（表 1），亦未顯示間拔處理之效應；依據 Lee et al. (1974) 之報告，每穗節數約在幼穗分化完成後已大致決定。在每穗分枝數方面，秋作呈現族羣密度較高者（D3-D2-D1）而分枝數較少（62.2—59.6—56.1）之明顯效應；春作則不然，處理間全無差異，可能受生育前期低溫與低日射量之影響。

無效分枝數亦隨密度增高（D3-D2-D1）而增加，兩個期作的表現一致；以春作為例，三個處理依序為 0.7、2.0 與 3.7（表 1）。雖然無效分枝數甚少，然而由實際觀察發現，無效分枝絕大多數位於穗之基部，此部位每一分枝粒數頗多，依栽培密度不同而異，最高可達百粒以上，有可能因粒數大量減少而影響產量。抽穗期期間拔的處理中，除 D2-D3 外，亦均未能有效減少無效分枝數，顯示分枝有效與否，與抽穗前之生長關係較為密切。

產量與產量構成要素的表現亦示於表 1；每穗粒數因密度減少（D1-D2-D3）而大幅增加，兩期作之表現一致；秋作三處理每穗粒數依序為 1,193，1,759 與 1,939 粒，而經間拔後族羣除秋作之 D1-D2 處理外，均較其未間拔前原處理族羣之粒數為多。與表 1 中無效分枝數配合比較，顯示每穗粒數之變化受到無效分枝數的影響。

1985 年秋作 D1、D2 與 D3 處理之千粒重分別為 30.5、32.2 與 34.6 g，雖呈隨族羣密度減小而增加的趨向，但並未達顯著水準；經間拔減小族羣密度之處理中，D1-D2 與 D1-D3 分別為 36.7 與 36.8 g，均高於原族羣（D1）之千粒重（表 1），顯示抽穗後間拔減小族羣密度可經由提高田間透光率增加單株光合有效日射量（資料未列出），有可能提高千粒重。春作高粱千粒重亦未對三個栽培密度呈現反應，介於 28.9 至 29.8 g 之間；間拔效應亦與秋作相同。

在每穗粒重（即單株產量）方面，均以密植植株為低，秋作 D1、D2 與 D3 處理分別為 36.3、55.2 與 67.2 g，春作為 24.4、34.5 與 42.7 g，期作內處理間差異均達顯著水準（表 1）。間拔減小族羣密度有提高子粒產量的可能，如春、秋作之 D1-D3 處理產量較原 D1 處理為高，但仍不及原 D3 處理，亦與玉米的表現不同（王等，1987）。

1985/86 年試驗公頃產量（t/ha）於期作間之表現一致，即族羣密度愈大者產量愈高，如秋作 D1、D2 與 D3 處理之子粒產量依序為 14.5、11.0 與 6.7 t/ha（表 1），主要係受單位面積穗數或粒數之影響；其中密植 D1 處理產量極高，與 Pickett and Frederick & (1959) 所報告之 16.5 t/ha 高產記錄（cf. Eastin, 1983）頗為接近，且高粱植株不因密植倒伏，因此以適當密植配合良好管理，應有提高產量之可能。春作 D1、D2 與 D3 處理之產量為 9.7、6.9 與 4.3 t/ha，雖遜於秋作，但仍呈現極明顯之密植增產效應（表 1）。三個間拔處理之產量因受原栽植密度與最終單位面積株數的共同影響，產量以 D1-D2 最高，D2-D3 次之，D1-D3 最低，秋作三處理依序為 8.3、6.7 與 4.8 t/ha，春作為 5.7、4.0 與 3.0 t/ha（表 1）；就 D1-D2 與 D1-D3 而言，產量均低於間拔前原密度（D1）與間拔後原密度（D2 或 D3）處理之產量，亦即未顯示間拔效果；王等（1987）以玉米為材料，發現於吐絲期間拔族羣至二分之一或四分之一密度時，公頃產量較間拔後原處理為高，並推測為間拔可提高族羣透光度所致，與本試驗結果有異，顯示不同作物對密度變化之反應並不相同。

1987 年春作不同栽培密度與氮肥用量對高粱產量及穗部性狀的影響示於表 2；在穗長方面，隨栽培密度增高而遞減，與前述 1985/86 年及 Fischer and Wilson (1975) 的結果相同，氮肥的影響則除 50×10cm 處理外，均不明顯；綜合而言，穗長介於 22—27cm 之間。本試驗中各密度處理間總分枝數的變異並不非常明顯，以氮肥用量 900 kg 處理為例，除最疏植之 50×10cm 處理穗部分枝數最高（53.2）外，其他各處理間並無顯著差異（50.9—51.7，參看表 2）；低氮肥用量各處理之分

枝數與高氮肥處理比較，有偏低趨向，顯示肥料效應。至於千粒重方面，各處理之結果介於 26.98—30.33 g 之間，差異均未達顯著水準。每穗粒數以行距 40 及 50cm 處理為高，行距 25 與 30cm 處理為低，差異極為明顯；在疏植條件下，增施氮肥可以增加每穗粒數，如行距同為 50cm，重肥處理之每穗粒數為 1,915 粒，輕肥處理僅為 1,395 粒；行距同為 40cm 時，每穗粒數分別為 1,602 與 1,345 粒；但在密植條件下，氮肥影響即不顯著，行距為 30cm 時，粒數介於 1,186—1,191 之間，行距為 25cm 時則為 934—1,078 (表 2)。

**Table 2.** Influence of planting density on the yield performances of Taichung No. 5 sorghum grown in the spring crop season of 1987

Plant Spacing (cm)	Panicle Length (cm)	Branch No. per Panicle	Non-effective Branch No.	Kernel No. per Panicle	1,000-Kernel Wt. (g)	Kernel Yield	
						g/panicle	t/ha
600 kg ammonium sulphate/ha							
25×10	22.2cd*	47.7d	2.4a	934f	29.43a	27.44e	10.98bc
30×10	22.4cd	51.7b	1.5b	1,191de	26.98a	32.14de	10.71bc
40×10	23.8bc	49.2c	0.8c	1,345cd	28.91a	38.65c	9.66cd
50×10	24.3b	50.7bc	0.6c	1,395c	30.33a	42.44bc	8.49d
900 kg ammonium sulphate/ha							
25×10	21.7d	51.3b	1.3b	1,078ef	29.73a	31.93de	12.77a
30×10	22.2cd	50.9bc	1.2b	1,186de	27.81a	33.00d	11.00bc
40×10	25.1b	51.7b	0.7c	1,602b	28.24a	45.13b	11.28b
50×10	26.9a	53.2a	0.7c	1,915a	27.05a	51.78a	10.36bc

\*Means with the same letter within each column are not significantly different at 1% probability level by Duncan's New Multiple Range Test.

春作子粒產量資料亦列於表 2。就一穗產量而言，多以疏植（行距 40 與 50cm）高於密植（行距 25 與 30cm）處理；如於不同肥料用量間比較，則於密植條件下顯示重肥有利於產量表現，疏植時之影響不顯著，即肥料與栽培密度間有交感效應存在。公頃產量表現則有不同（表 2），以重肥與 25cm 行距處理最高（12.77 t/ha），即密植配合高氮肥可獲致高產，而輕肥與行距 40 與 50cm 處理之產量最低（8.49—9.66 t/ha），其他處理之子粒產量介於其間，且彼此間無顯著差異存在。與前述 1985/86 年試驗結果比較，密度處理之效應雖較不明顯，但足以證明密植栽培對臺中五號高粱並未產生倒伏等不利影響，且如能配合施肥，仍有提高產量的可能。

於春作收穫後續行宿根栽培，並將氮肥用量分為每公頃 600 與 1,200 kg 兩種處理，所得之產量性狀表現亦於表 3。在穗長方面，仍顯現疏植植株高於密植植株之現象，而肥料處理之效應並不顯著。本試驗於春作收穫行宿根栽培，每株只留一個再生芽；疏植處理之每株粒數在 2,800 以上，恆高於密植處理（1,845—2,145）；此外，在同一行距時，完全未顯示任何氮肥處理效果表（3）。宿根作高粱各處理之千粒重大致相近，變域介於 29.20—33.90 g 之間，氮肥與密度之作用並不明顯。

宿根作之單株子粒產量亦示於表 3，綜合而言，仍以行距為 50 與 40cm 之疏植處理高於行距為 30 與 25cm 之密植處理；值得注意的是宿根作單株產量約兩倍於春作表現，與 1985/86 年試驗相同，有

**Table 3.** Influence of planting density on the yield performances of Taichung No. 5 sorghum grown as a ratoon crop in the summer/fall season of 1987

Plant Spacing (cm)	Panicle Length (cm)	Kernel No. per Panicle	1,000-Kernel Wt. (g)	Kernel Yield	
				g/plant	t/ha
600 kg ammonium sulphate/ha					
25×10	24.7c*	1,845b	30.08bc	55.51d	15.19ab
30×10	25.7c	2,002b	29.61bc	59.23d	14.16b
40×10	27.6ab	2,826a	29.20c	81.64bc	15.41ab
50×10	27.6ab	3,070a	31.14abc	95.86ab	15.85a
1,200 kg ammonium sulphate/ha					
25×10	24.9c	1,785b	32.26abc	57.65d	15.48ab
30×10	26.1bc	2,145b	30.79abc	66.33cd	15.37ab
40×10	28.4a	2,818a	33.06ab	92.81ab	17.70a
50×10	28.9a	3,177a	33.90a	107.87a	17.24a

\*Means with the same letter within each column are not significantly different at 1% probability level by Duncan's New Multiple Range Test.

期作性因素的影響，春作子粒充實期間多雨高溫，可能為低的主要產原因。至於公頃產量方面，具有兩項特色，其一為處理間幾無差異存在，其二為子粒產量特高，在 14.16—17.70 t/ha 之間，40×10cm 與 50×10cm 處理甚至超過 16.5 t/ha 之最高記錄 (cf. Eastin, 1983)。處理間無差異的直接原因為單株產量對栽培密度之反應極為明顯，密植處理株數增多並不能彌補單株產量低落的作用，因而未能提升單位面積產量，與1985年秋作直播試驗結果有異，是否宿根栽培高粱與一般栽培方法之表現不同，尚難確定，將繼續進行試驗以究明原因；此外，宿根作是否需增施氮肥以求提高產量，仍有商榷餘地，可能應由土壤肥力方面再做探討。產量極高的主因為單位面積粒數增多，除證明 Beil and Atkins (1967) 所稱粒數的重要性超過千粒重外，亦顯示臺中五號品種之高產潛能及適於密植栽培特性。

綜合本試驗各項結果，兩個年度試驗間高粱族羣對密度的反應雖有不同之處，但仍足以推論栽培密度與氮肥用量可影響高粱臺中五號部份產量構成要素，進而表現於產量，如能適度密植，極有提升產量之可能。又試驗結果均獲得極高之產量，其數值係由小區估算而得，不免有高估可能，有必要進行大面積栽培試驗，以證實本項結果。有關栽培密度如何經由影響植株生理活性，進而作用於產量表現，本研究室亦已完成試驗，經由光合作用性狀測定與分析，對單株生產力因密植而降低之機制提供初步說明；就族羣整體而言，亦曾探討葉面積指數與透光率的作用，試圖確定密度、環境與作物內在因子間的關係，其結果將以另文發表。

### 引用文獻

1. 王強生、曹紹微、劉大江。1987。栽培密度對玉米乾物質累積之影響。中華農業研究36：15—28。
2. 臺灣省政府農林廳。1988。臺灣農業年報（民國七十七年版）。臺灣省南投縣。
3. Beil, G. M. and R. E. Atkins. 1967. Estimates of general and specific heritability and its compon-

- ents in grain sorghum, *Sorghum vulgare*, *Crop Sci.* 7 : 225-228,
4. Blum, A. 1967. Effect of soil fertility and plant competition on grain sorghum panicle morphology and panicle weight components. *Agron. J.* 59 : 400-403.
  5. Eastin, J. D. 1983. Sorghum. In: Potential productivity of field crop under different environments. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.
  6. Fischer, K. S. and G. L. Wilson. 1975. Studies of grain production in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). V. Effect of planting density on growth and yield. *Aust. J. Agric. Res.* 26 : 31-41.
  7. Heinrich, G. M., C. A. Francis and J. D. Eastin. 1983. Stability of grain sorghum yield components across diverse environments. *Crop Sci.* 23 : 209-212.
  8. Lee, K. W., R. C. Lommasson and J. D. Eastin. 1974. Developmental studies on the panicle initiation in sorghum. *Crop Sci.* 14 : 80-84.
  9. Myers, R. J. K. and M. A. Foale, 1981. Row spacing and population density in grain sorghum : a simple analysis. *Field Crop Res.* 4 : 147-154.

# Influence of Planting Density on the Yield Characteristics of Sorghum<sup>1</sup>

C. S. Wang, S. F. Lin and D. J. Liu<sup>2</sup>

## Summary

Sorghum hybrid Taichung No. 5 was grown in the fall crop of 1985 and spring crop of 1986 at three planting densities, i. e., 400,000, 200,000 and 100,000 plants/ha. In the spring crop of 1987, sorghum was cultivated at row-spacings of 25, 30, 40 and 50cm, with between-plant spacing of 10cm. Two N rates, i. e., 600 and 900 kg ammonium sulphate per hectare were also included in the experiment. Ratoon crop was followed after the harvest of the spring crop with a design including N fertilization rates of 600 and 1,200 kg ammonium sulphate per hectare. In the 1985/86 experiment, significant increase of grain yield was associated with increasing planting densities. Among various yield components, panicle number or grain number per unit area was considered the most important in affecting grain yield, whereas 1,000-kernel-weight showed less influence. Similar effect was found in the spring crop of 1987, but only when heavy N fertilization was included in the cultural system. Grain yield per hectare but not per plant of the ratoon crop did not respond significantly to planting density. The main cause was that higher number of plant per unit area was not able to compensate lower yield plant in the dense-planting treatment, hence a higher yield per hectare was not observed. Very high grain yield was recorded in the ratoon crop, which indicated that dense planting was probably suitable for ratoon culture of sorghum. On the other hand, N fertilization treatments showed little effect on grain yield. The relationship between soil fertility and ratoon crop yield remained to be clarified. Results derived from this experiment suggested that hybrid Taichung No. 5 is very high in yielding potential and ratoon ability. It is dwarf and resistant to lodging and hence is suitable to be cultured under high population density.

---

1. Contribution No. 1462 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was support in part by grants from Council of Agriculture, Executive Yuan, ROC.

2. Respectively, assistant agronomist, research assistant and senior agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan 41301, ROC.