

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FIBRA DEL ALGODÓN CULTIVADO EN SURCOS ULTRA-ESTRECHOS

COTTON YIELD AND FIBER QUALITY GROWN IN ULTRA-NARROW ROWS

Omar O. Estrada Torres, Arturo Palomo Gil*, Armando Espinoza Banda, Sergio A. Rodríguez Herrera y Norma A. Ruiz Torres

¹ Postgrado en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez Km. 2. 27059, Torreón, Coah. Tel. 01 (871) 729-7675, Fax: 729-7610.

* Autor para correspondencia (apalomog@mixmail.com)

RESUMEN

La siembra de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en surcos más estrechos (surcos ultra-estrechos) que los convencionales (surcos de 75 cm o más de separación), es una alternativa para aumentar los rendimientos unitarios y reducir costos de producción. En este estudio, realizado en 2005 y 2006, se evaluó el comportamiento de dos variedades convencionales de algodón ('CIAN Precoz', de hoja pequeña y 'Fiber Max 832', de hoja tipo okra) y una transgénica ('NuCotn 35B') sembradas en surcos ultra-estrechos (separados a 50 y 35 cm) en la Comarca Lagunera, México como testigo se incluyó la distancia de 75 cm entre surcos. En todos los casos la densidad fue 100 000 plantas ha⁻¹. Se midieron: el rendimiento de algodón hueso y pluma, componentes del rendimiento (peso de capullo, porcentaje de fibra e índice de semilla) y calidad de fibra (longitud, finura, índice de madurez y resistencia de la fibra). Hubo efecto de año en el rendimiento, peso de capullo, índice de semilla y longitud de fibra, y los mejores valores fueron en 2005. No hubo interacción de año con distanciamiento de surco, año con variedades, ni interacción distancia de surcos x variedades. En ambos años la mejor producción se obtuvo en los surcos de 35 cm, que superó en 10 y 26 % a los surcos separados a 50 y 75 cm, respectivamente. La distancia de los surcos no afectó la calidad de la fibra. No hubo diferencias en el rendimiento de las variedades. 'Fiber Max 832' presentó la mejor calidad con longitud de 29.7 mm, resistencia de 288.1 kN m kg⁻¹ y finura de 4.13 micronaire. Los resultados indican que el productor se puede beneficiar con la siembra de algodón en surcos ultra-estrechos.

Palabras clave: *Gossypium hirsutum*, calidad de fibra, rendimiento, surcos ultra-estrechos.

SUMMARY

Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) production in rows narrower than the commonly used (rows 75 apart cm or more) is an alternative to increase yields and decrease production costs. This study, carried out in 2005 and 2006, was done in order to know the performance of two conventional ('CIAN Precoz', small leaves; and 'Fi-

ber Max 832', an okra leaf type) and one transgenic ('NuCotn 35B') cotton varieties, grown in ultra-narrow rows (rows 50 and 35 cm apart) at the Comarca Lagunera, México. The 75 cm row spacing was included as a check, at a plant population of 100 000 plants ha⁻¹. Seed-cotton and lint cotton yields, yield components (boll weight, lint % and seed index) and fiber quality (fiber length, fineness, strength and maturity index) were measured. There were year effects on yield, boll weight, seed index and fiber length; best values were obtained in 2005. There were not row spacing x year, varieties x year, and row spacing x varieties interaction. In both years the best yields were obtained by the 35 cm row spacing. On the average, this row spacing yielded 10 and 26 % more than the 50 and 75 cm row spacings, respectively. There were not yield differences among varieties. 'Fiber Max 832' showed the best fiber quality with a length of 29.7 mm, strength of 288.1 kN m kg⁻¹ and fineness of 4.13 micronaire. Results show ultra-narrow row cotton appears to be a viable option to increase producer profits.

Index words: *Gossypium hirsutum*, fiber quality, ultra-narrow rows, yield.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las ganancias de los productores mexicanos de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) se han reducido debido a incrementos en los costos de producción y al bajo precio de la fibra en el mercado internacional, por lo que ha sido necesario subsidiar la producción, y explorar nuevas alternativas para elevar los rendimientos y hacer más rentable su cultivo. En EE. UU. se ha estudiado la siembra de algodón en surcos más estrechos (19 y 38 cm) que los actuales (0.75 a 1.00 m de ancho), en un sistema de producción denominado "surcos ultra-estrechos". El concepto de surcos ultra-estrechos se remonta a 1920, cuando el objetivo era, como lo es también ahora, reducir los costos de producción, pues se pueden eliminar de dos a tres pasos de maquinaria, ya que el follaje cubre más rápidamente el suelo, disminuye la competencia con la maleza, aumenta la intercepción de energía radiante y se reduce la evaporación del suelo.

Gerik *et al.* (1998) mencionan que la siembra de algodón en surcos ultra-estrechos incrementa el rendimiento hasta en 37 % y reduce en 12 d el ciclo del cultivo, en comparación con la siembra en surcos de 76 cm. Gaytán *et al.* (2004) no encontraron diferencias en rendimiento al sembrar en surcos espaciados a 50 y 76 cm, ni entre densidades que oscilaron entre 80 000 y 200 000 plantas por hectárea, pero indicaron que la siembra en surcos a 50 cm disminuyó en 7 d el ciclo del cultivo. La calidad de la fibra puede disminuir por deficiencias de humedad o de N, o por diferencias entre variedades, densidad poblacional, separación entre surcos, efecto de año, o por alguna de sus interacciones (Mohamad *et al.*, 1982).

La variedad es un componente clave en cualquier sistema de producción, especialmente si se siembra en surcos más angostos que los usuales. Actualmente existen

variedades que son más precoces y de menor tamaño que las anteriores; también hay variedades transgénicas resistentes a plagas, y otras convencionales con hoja tipo okra. Todo ello ofrece la posibilidad de seleccionar el genotípico idóneo para cultivar en surcos ultra-estrechos. Así, los lóbulos de las variedades con hoja tipo okra son largos y muy angostos lo que modifica la estructura del dosel vegetal y la cantidad de energía solar interceptada al permitir que la radiación solar penetre hasta los estratos inferiores de la planta (Wells *et al.*, 1986). Una desventaja de la hoja okra es su bajo índice de área foliar; sin embargo, si se le cultiva en surcos más angostos se puede reducir tal desventaja (Wells y Meredith, 1986). Según Heitholt *et al.* (1992), los genotipos con hoja okra tienen mejor comportamiento en surcos de 0.5 m que en surcos anchos (1.0 m). El objetivo de esta presente investigación fue evaluar el rendimiento y calidad de fibra del algodón, a una misma densidad de población (100 000 plantas ha^{-1}), en un sistema de producción de surcos ultra-estrechos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en 2005 y 2006, en Torreón, Coah., municipio que encuentra en la Comarca Lagunera, ubicada geográficamente entre $24^{\circ} 30'$ y 27° LN y entre 102° y 105° LO, a 1120 m de altitud. El clima es seco; con 25° C de temperatura media mensual durante el ciclo del cultivo (abril a septiembre) y 220 mm de precipitación media anual. El suelo del área experimental es de textura franco limosa, clasificado como Xerosol, serie Coyote, medianamente alcalino (pH de 7.85), con 2.02 % de materia orgánica y 0.13 % de nitrógeno total.

Se evaluaron tres distancias entre surcos: 75 cm (surcos estrechos, testigo), 50 y 35 cm (surcos ultra-estrechos), en combinación con tres variedades: 'CIAN Precoz' (precoz, altura de 85 cm, hoja pequeña), 'Fiber Max 832' (precoz, altura de 85 cm, hoja tipo okra) y 'NuCotn 35B' (transgénica, resistente a gusano rosado (*Pectinophora gossypiella* S.) y gusano bellotero (*Heliothis* spp, altura de 105 cm, ciclo de 7 a 10 d más largo que el de las dos variedades anteriores). La densidad poblacional fue 100 000 plantas ha^{-1} por lo que, el espaciamiento entre plantas dentro del surco fue 13, 20 y 28 cm, para los surcos espaciados a 75, 50 y 35 cm, respectivamente. Se utilizó un arreglo de parcelas divididas con distancias entre surcos en la parcela grande y las variedades en la parcela chica. Los espaciamientos se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La parcela experimental consistió de ocho surcos de 5 m de longitud, y la útil para evaluar rendimiento, de dos surcos de 3 m de largo.

En 2005 la siembra fue el 18 de abril y en 2006 el 7 de abril. El sitio experimental y la ubicación de las parcelas fueron los mismos en los dos años del estudio. En ambos años no se fertilizó el cultivo y se aplicaron cuatro riegos, uno de presiembra y tres de auxilio. La maleza se controló con la aplicación en pre-emergencia, de Cotoran 50® en dosis de 3 L ha^{-1} y en post-emergencia para el control de maleza de hoja angosta se utilizó Poast® en dosis de 3 L ha^{-1} , más aceite agrícola en dosis de 1.5 L ha^{-1} . Las plagas durante el período de fructificación fueron el gusano soldado (*Spodoptera exigua*) y mosquita blanca (*Bemisia argentifolii*). El gusano soldado se controló con Clorpirifos CE 44® a razón de 1.5 L ha^{-1} y Methamidofos LM 50® en dosis de 1 L ha^{-1} . La mosquita blanca se controló con Dimetoato 40® y Omethoate® en dosis de 1.0 L y 0.5 L ha^{-1} , respectivamente.

Se pesó el rendimiento de algodón hueso y algodón pluma (kg ha^{-1}). Además, en una muestra de 20 capullos/parcela se midió su peso en gramos, después se separó la fibra de la semilla y se determinó el número de capullos/planta, peso de capullo (g), porcentaje de fibra e índice de semilla (peso de 100 semillas). La fibra de los 20 capullos se analizó con "instrumentos de alto volumen" (en inglés, High Volume Instrument, HVI) en el Laboratorio de Fibras, donde se determinó el índice de micronaire, índice de madurez de la fibra, longitud (en pulgadas y mm) y resistencia de la fibra en kilonewton metro por kilogramo (kN m kg^{-1}).

Los datos se analizaron con el programa estadístico SAS (SAS Inst., 1995); se aplicó un análisis de varianza combinado que incluyó años, distanciamientos, variedades y sus interacciones. La comparación de medias se hizo mediante la prueba de Tukey (0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento

En el año 2005 los rendimientos de algodón hueso y pluma fueron superiores ($P \leq 0.05$) a los de 2006 (Cuadro 1), pero no hubo interacción de año con espaciamiento entre surcos ni con variedades. Según Jost y Cothren (2000) y Palomo *et al.* (2004), es normal que los rendimientos difieran entre años, debido a las diferencias ambientales (en lluvia y temperatura) prevalecientes durante el ciclo del cultivo. En este estudio, las unidades calor acumuladas (UC) durante el ciclo del cultivo (de abril a agosto) fueron similares (1719 UC en 2005, y 1758 UC en 2006), por lo que una de las causas más probables de las diferencias en rendimiento entre años es que en ambos años se aplicaron los mismos tratamientos a las mismas

parcelas experimentales, sin suministrar fertilizante alguno, de modo que los nutrientes requeridos por el cultivo, especialmente nitrógeno y fósforo, fueron de origen residual. Al respecto, en 2005 se produjeron 14.4 pacas de algodón con un peso promedio por paca de 218 kg de fibra (pluma), y como para producir una paca se requieren 23 kg de N (Unruh y Silvertooth, 1996), se estima que el N extraído por el cultivo en este año fue de 331.2 kg ha⁻¹. En consecuencia, la cantidad de nutrientes consumidos por el cultivo en 2005 pudo haber disminuido las reservas (no verificado) para 2006, causar deficiencias y, por tanto, una menor producción.

El rendimiento de algodón hueso y algodón pluma fue diferente ($P \leq 0.05$) entre las distancias entre surcos, mas no entre variedades, o en las interacciones de estos factores. Estos resultados difieren de los obtenidos por Nichols *et al.* (2004) que en un estudio de tres años (1998, 1999 y 2000) reportaron interacción significativa para variedades y anchura de surcos. En el primer año incluyeron cuatro variedades ('ST 474', 'STBXN47', 'Paymaster 1220 RR' y 'NuCot 35B') y dos líneas isogénicas, una de ellas con hoja okra, que fueron sustituidas en los siguientes años por 'Fiber Max 832' (hoja okra) y 'Sure Grow 125 BR'. Los espaciamientos fueron 19, 25, 38 y 101 cm. En 1998 los rendimientos más altos los produjeron las variedades 'ST 474' y 'NuCot 35B', en surcos espaciados a 101 y 25 cm; en 1999 las mejores combinaciones fueron 'SG 125BR' y 'Fiber Max 832' sembradas en surcos de 38 cm, y en 2000 las variedades 'SG 125 BR' y 'PM 1220RR', en surcos espaciados a 38 y 25 cm, respectivamente. Segundo Wells y Meredith (1986), el bajo índice de área foliar de las variedades con hoja tipo okra podría compensarse con siembras en surcos más estrechos. Sin embargo, existen divergencias al respecto, pues Heitholt *et al.* (1992) en un estudio de dos años en el que evaluaron líneas isogénicas con hoja okra y normal, de DES 24-8ne, en surcos espaciados a 1.0 y 0.50 m, encontraron que en surcos de 50 cm el rendimiento de la línea con hoja okra era superior al de la línea con hoja normal; en cambio, los resultados de Nichols *et al.* (2004) observaron que la hoja okra no mejora su rendimiento al sembrarla en surcos ultra-estrechos.

En la Comarca Lagunera y en ambos años, las variedades produjeron rendimientos más altos y estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) cuando se sembraron en surcos a 35 cm que en surcos a 50 y 75 cm. En promedio, en el espaciamiento de 35 cm el rendimiento superó en 10 % al de 50 cm, y en 26 % al de 75 cm (testigo). Gerik *et al.* (1998) estudiaron surcos espaciados a 19, 38 y 76 cm, y encontraron que los surcos ultra-estrechos rinden hasta 37 % más que los surcos estrechos (76 cm entre surcos), además de reducir en 12 d el ciclo del cultivo. Jost y

Cothren (2000) compararon anchuras de surco de 19, 38, 76 y 101 cm y encontraron que la de 19 cm rindió de 4 a 23 % más que la de 38 cm. Estos mismos autores mencionaron que en un año lluvioso con temperaturas moderadas no hubo diferencias en rendimiento de los cuatro distanciamientos, y que en un año con baja precipitación pluvial y temperaturas altas la mejor producción se obtuvo con distancias de 19 y 38 cm entre surcos, lo que significa que la siembra en surcos ultra-estrechos asegura, cuando menos, los mismos rendimientos que la siembra en surcos más amplios.

La ausencia de diferencias estadísticas en el rendimiento de las variedades, implica que las tres muestran el mismo potencial de rendimiento en diferentes espaciamientos (Cuadro 1). Sin embargo, para la región lagunera es importante que las variedades convencionales no transgénicas ('CIAN Precoz' y 'Fiber Max 832') rindan lo mismo que la transgénica ('NuCotn 35B'), ya que en los últimos años las plagas a las cuales esta variedad es resistente no han sido problema para el cultivo. Esto implica que la siembra de variedades convencionales permiten un ahorro en el costo de la semilla, cuyo envase de 22.5 kg es mil pesos más barata que la semilla transgénica. Actualmente las principales plagas que pueden dañar la producción de algodón en la región son la conchuela (*Chlorococca ligata*) y la mosquita blanca (*Bemisia argentifolii*), las cuales requieren del mismo control tanto en variedades transgénicas como no transgénicas.

Componentes del rendimiento

El peso del capullo y el índice de semilla presentaron efecto de año y de distancia entre surcos, sin interacción entre los factores involucrados. En 2005 se obtuvo un mejor peso de capullo y de semilla que en 2006, sin cambios en el porcentaje de fibra (Cuadro 1). La reducción a 35 cm entre surcos ocasionó una disminución del peso del capullo y de la semilla, pero aumentó el número de capullos por unidad de superficie que se reflejó en el rendimiento de algodón hueso. Entre variedades hubo diferencias en el porcentaje de fibra, donde 'Fiber Max 832' y 'NuCotn 35B' obtuvieron los valores más altos.

Calidad de fibra

Las propiedades de la fibra sólo presentaron efecto de año para longitud; la fibra cosechada en 2005 fue de mejor valor (Cuadro 2). En grosor, resistencia y madurez de la fibra no hubo efecto de año, al igual que reportaron Jost y Cothren (2000), pero difiere con lo encontrado por Palomo *et al.* (2001). El efecto de año sobre la calidad de la fibra depende de las condiciones ambientales prevalecientes durante el periodo de crecimiento de la bellota. En

años con altas temperaturas se obtiene fibra con menor longitud y resistencia pero de mayor grosor (Palomo *et al.*, 2001).

A diferencia de lo reportado por Heitholt *et al.* (1993) y Gaytán *et al.* (2004), quienes encontraron que el espaciamiento de 50 cm entre surcos aumentaba el grosor pero disminuía la longitud de la fibra, y de Jost y Cothren (2000) quienes reportaron que a medida que los surcos son más estrechos disminuye la uniformidad y la longitud de la fibra, en el presente estudio los surcos ultra-estrechos no afectaron la calidad de la fibra (Cuadro 2), lo que coincide con Gerik *et al.* (1998). La discrepancia podría deberse a diferencias ambientales entre las regiones algodoneras, ya que pueden diferir en calidad de suelo, temperatura, precipitación pluvial, manejo, etc.

Las variedades difirieron significativamente en longitud y finura de fibra pero no en resistencia. 'Fiber Max 832' mostró la mejor longitud y finura de fibra (Cuadro 2). Sin embargo, la calidad de la fibra de las tres variedades es superior a los estándares mínimos establecidos por la industria textil, sin afectar el precio de venta del producto. Los valores mínimos de calidad que acepta el in-

dustrial es una finura que oscile entre 3.5 y 4.9 micronaires y longitud de 26.7 a 27.2 mm (de 1 1/16 pulgadas).

CONCLUSIONES

Las condiciones ambientales de cada ciclo de cultivo afectan el rendimiento, el peso del capullo, el índice de semilla (tamaño) y la longitud de la fibra. No hubo interacción de año con distancia de surcos ni con variedades. Los surcos ultra-estrechos (50 y 35 cm entre surcos) rinden 10 y 26 % más que los surcos a 75 cm, sin afectar la calidad de la fibra. En la distancia de 35 cm disminuye el peso del capullo y el índice de semilla (tamaño). Las variedades convencionales, 'CIAN Precoz' y 'Fiber Max 832', y la variedad transgénica tienen el mismo potencial de rendimiento y presentan buena calidad de fibra.

El sistema de siembra en surcos ultra-estrechos es una buena alternativa para aumentar los rendimientos unitarios y para aumentar las ganancias de productor. Además, como las plagas a las que la variedad transgénica es resistente no han sido problema en los últimos cuatro años, el productor tiene la opción de sembrar una variedad convencional cuyo costo de semilla por saco de 25 kg es menor en \$ 1000.00 (pesos mexicanos).

Cuadro 1. Promedios de rendimiento de algodón hueso ($t \text{ ha}^{-1}$) y sus componentes para las principales fuentes de variación.

Factor de variación	Rendimiento de algodón		Fibra (%)	Peso de capullo (g)	Índice de semilla
	Hueso	Pluma			
Años					
2005	7417 a	3152 a	42.4 a	6.55 a	10.88 a
2006	6490 b	2743 b	42.2 a	5.46 b	9.47 b
Distancia entre surcos (cm)					
75	6193 c	2620 c	42.2 a	6.09 ab	10.45 a
50	6837 b	2887 b	42.2 a	6.17 a	10.16 ab
35	7831 a	3336 a	42.6 a	5.74 b	9.88 b
Variedades					
'Fiber Max 832'	7136 a	3014 a	42.2 ab	6.08 a	10.23 a
'NuCot 35B'	6869 a	2953 a	42.9 a	5.91 a	9.91 a
'CIAN Precoz'	6855 a	2875 a	41.9 b	6.01 a	10.39 a

Medias con letras iguales, para la misma fuente de variación y variable, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Cuadro 2. Promedios de las variables de calidad de fibra del algodón para las principales fuentes de variación.

Factor de variación	Longitud		Resistencia (kN m kg^{-1})	Finura (micronaire)	Índice de madurez
	mm				
Años					
2005	31.0 a		284.2 a	4.21 a	0.87 a
2006	27.7 b		281.1 a	4.35 a	0.88 a
Distancia entre surcos (cm)					
75	29.5 a		288.1 a	4.21 a	0.87 a
50	29.7 a		280.3 a	4.32 a	0.88 a
35	29.2 a		278.2 a	4.32 a	0.87 a
Variedades					
'Fiber Max 832'	30.2 a		288.1 a	4.13 b	0.87 a
'NuCot 35B'	29.0 b		278.3 a	4.39 a	0.88 a
'CIAN Precoz'	29.0 b		281.3 a	4.32 ab	0.87 a

Medias con letras iguales, para la misma fuente de variación y variable, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

BIBLIOGRAFÍA

- Gaytán M A, A Palomo-Gil, D G Reta-Sánchez, S Godoy-Ávila, E A García-Castañeda (2004)** Respuesta del algodón cv. Cian Precoz 3 al espaciamiento entre surcos y densidad poblacional. I. Rendimiento, precocidad y calidad de fibra. **ΦYTON Rev. Int. Bot. Exp.** 53:57-67.
- Gerik T J, R G Lemon, K L Faver, T A Hoelewyn, M Jungman (1998)** Performance of ultra-narrow row cotton in Central Texas. In: Proc. Beltwide Cotton Conference. P Dugger, D Richter (eds). San Diego, CA. 5-9 Jan. 1998. Natl. Cotton Council, Memphis, TN. pp:1406-1409.
- Heitholt J J, W T Pettigrew, W R Meredith Jr (1992)** Light interception and lint yield of narrow-row cotton. **Crop Sci.** 32:728-733.
- Heitholt J J, W T Pettigrew, W R Meredith Jr (1993)** Growth, boll opening rate, and fiber properties of narrow-row cotton. **Agron. J.** 85:590-594.
- Jost P H, J T Cothren (2000)** Growth and yield comparisons of cotton planted in conventional and ultra-narrow row spacing. **Crop Sci.** 40:430-435.
- Mohamad K B, W P Sappenfield, J W Pohelman (1982)** Cotton cultivars response to plant population in a short season narrow-row cultural system. **Agron. J.** 74:619-625.
- Nichols S P, C E Snipes, M A Jones (2004)** Cotton growth, lint yield, and fiber quality as affected by row spacing and cultivar. **Cotton Sci.** 8:1-12.
- Palomo G A, A Gaytán-Mascorro, S Godoy-Ávila (2001)** Efecto de los riegos de auxilio y densidad de población en el rendimiento y calidad de fibra del algodón. **Terra** 19:265-271.
- Palomo G A, A Gaytán-Mascorro, R Faz-Contreras, D G Reta-Sánchez, E Gutiérrez-Del Río (2004)** Rendimiento y calidad de fibra de algodón en respuesta al número de riegos y dosis de nitrógeno. **Terra Lat.** 22:299-305.
- Statistical Analysis System (1996)** SAS/STAT User's Guide. Cary, N. C. Release 6.12.
- Unruh B L, J C Silvertooth (1996)** Comparison between an Upland and Pima Cotton cultivar: II. Nutrient uptake and partitioning. **Agron. J.** 88:589-595.
- Wells R, W R Meredith, Jr (1986)** Normal vs. okra leaf yield interactions in cotton: II. Analysis of vegetative and reproductive growth. **Crop Sci.** 26:223-228.
- Wells R, W R Meredith Jr, and J R Williford (1986)** Canopy photosynthesis and its relationship to plant productivity in near-isogenic cotton lines differing in leaf morphology. **Plant Physiol.** 82:635-640.