

Respuesta del Cártamo Forrajero a Distanciamiento entre Surcos y Densidad de Población

Response of Forage Safflower to Row Spacing and Plant Density

Métodos de Siembra en Cártamo Forrajero

David Guadalupe Reta-Sánchez*, Juan Isidro Sánchez-Duarte, Arturo Reyes-González, Esmeralda Ochoa-Martínez

Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Blvd. José Santos Valdez 1200. Col. Centro. 27440, Cd. Matamoros, Coahuila.

*Autor para correspondencia: reta.david@inifap.gob.mx

RESUMEN

La reducción del espaciamiento entre surcos y el aumento de la densidad de población puede incrementar la productividad del cártamo forrajero. El objetivo del estudio fue determinar el potencial de rendimiento de materia seca (MS) y proteína cruda (PC) del cártamo forrajero en respuesta al distanciamiento entre surcos y la densidad de población en la Comarca Lagunera. El cártamo se estableció en surcos a 19, 38, 57 y 76 cm, y en tres densidades de población (20, 70 y 120 plantas m^{-2}). La cosecha se realizó en la etapa de yemas florales y se determinó el índice de área foliar (IAF), la intercepción de radiación solar fotosintéticamente activa (RFA), contenido de PC y los rendimientos de MS y PC. La reducción del distanciamiento entre surcos de 76 a 19 cm, y el aumento de densidad de población de 21.6 a 120.7 plantas m^{-2} , incrementó los valores de IAF (5.0 a 8.8) e intercepción de RFA (81.5 a 99.5%). Los surcos a 19 cm produjeron mayores rendimientos de MS (8.6 a 34.9%) y PC (3.0 a 38.9%) respecto a los obtenidos en los surcos a 38, 57 y 76 cm en todas las densidades de población, con las diferencias más grandes en las densidades más altas. Para cada distanciamiento entre surcos, el incremento de densidad de población aumentó el rendimiento de MS entre 30.6 y 52.0%, y de 26.6 a 55.3% el rendimiento de PC. La productividad del cártamo forrajero fue mayor en surcos estrechos y altas densidades de población.

PALABRAS CLAVE: índice de área foliar, intercepción de radiación solar, rendimiento de materia seca, proteína cruda

SUMMARY

Row spacing reduction and the increase in plant density may improve the forage safflower productivity. The objective of the study was to determine potential yields of dry matter (DM) and crude protein (CP) of forage safflower in response to row spacing and plant density in The Comarca Lagunera. Safflower was planted in rows 19, 38, 57 and 76 cm apart and under three plant densities (20, 70 and 120 plants m^{-2}). The crop was harvested at bud stage, where leaf area index (LAI), interception of photosynthetically active radiation (IPAR), crude protein (CP) content and DM and CP yields were determined. Reducing row spacing from 76 to 19 cm, and the increment in plant density from 21.6 to 120.7 plants m^{-2} , increased the values of LAI (5.0 to 8.8) and interception of PAR (81.5 to 99.5%). Row spacing of 19 cm produced higher DM (8.6 to 34.9%) and CP (3.0 to 38.9%) yields than those of rows 38, 57 and 76 cm apart in all plant densities, with greater differences in maximum plant densities. For each row spacing, increases in plant density produced increments of DM yields

between 30.6 and 52.0% and from 26.6 to 55.3% in CP yields. Forage safflower productivity was higher in narrow row spacings and high plant densities.

KEY WORDS: leaf area index, solar radiation interception, dry matter yield, crude protein

INTRODUCCIÓN

La producción intensiva de leche de vaca es una de las principales actividades económicas en La Comarca Lagunera. Los sistemas de producción agropecuarios en esta región enfrentan múltiples problemas debido a la escasez de agua, niveles crecientes de salinidad en el suelo y pocas alternativas de especies forrajeras. Por ello es importante desarrollar tecnología de producción en cultivos alternativos sobresalientes, que permita incrementar la eficiencia de producción de forraje en la región. Una opción es el cártamo, especie que presenta moderada tolerancia a salinidad (Maas 1986) y puede cultivarse en regiones áridas y semiáridas con limitada disponibilidad de agua (Bar-Tal *et al.*, 2008; Leshem *et al.*, 2000).

El cártamo produce forraje de buena calidad nutritiva, pero debido a su naturaleza espinosa debe ser cosechado en etapas tempranas de su desarrollo (yemas florales), antes de que se desarrollen las espinas en hojas e inflorescencias. Bajo estas condiciones el cártamo produce forraje de buena calidad nutritiva que puede ser ensilado satisfactoriamente (Weinberg *et al.*, 2002; Sánchez *et al.*, 2018) y puede sustituir el ensilado de cereales en la dieta de vacas lecheras de alto rendimiento sin afectar su desempeño productivo (Landau *et al.*, 2004).

En trabajos previos de cártamo realizados en la Comarca Lagunera, la cosecha del cultivo en la etapa de inicio de yema floral ha limitado el rendimiento de MS y nutrientes, puesto que el cultivo en esta etapa se encuentra en pleno crecimiento rápido. Los rendimientos obtenidos fluctuaron de 5,143 a 7,760 kg ha⁻¹ de MS, y de 1,044 a 1,380 kg ha⁻¹ de PC (Reta *et al.*, 2008; Reta *et al.*, 2014; Reta *et al.*, 2015; Reta *et al.*, 2016; Reta *et al.*, 2017). Bajo estas condiciones es importante estudiar alternativas en el manejo

agronómico para incrementar el potencial forrajero del cultivo.

La distribución de plantas sobre el terreno, determinada por las distancias entre surcos y entre plantas dentro del surco, es un factor importante a considerar para obtener el mayor rendimiento biológico y de semilla en cártamo. En el cártamo para la producción de semilla es posible utilizar densidades de población bajas (15 a 24 plantas m⁻²) debido a que el cultivo dispone del tiempo suficiente para ramificar y llenar el espacio disponible en surcos a 75 y 92 cm (Montoya-Coronado 2010). Esto no ocurre en el cártamo forrajero, ya que la cosecha se realiza al inicio del crecimiento de las ramas; lo cual limita la intercepción de RFA y reduce su rendimiento de MS. Reta *et al.* (2014) observaron en cártamo forrajero que los rendimientos de MS (20.7%) y PC (11.3%) aumentaron al reducirse la distancia entre surcos de 76 a 19 cm. En otros trabajos sobre la respuesta del cártamo al distanciamiento entre surcos, se encontró un incremento del rendimiento de semilla y rendimiento biológico al reducir la distancia entre surcos de 60 a 25 cm (Sharifmoghaddasi y Omid 2009; Nazar Ali Zadeh *et al.*, 2012).

La baja densidad de población de cártamo forrajero también puede ser un factor limitante para los rendimientos en cártamo forrajero. Blackshaw (1993) encontró que en cártamo libre de maleza, los rendimientos de MS y semilla alcanzaron el máximo entre 70 y 84 plantas m⁻². El objetivo del presente estudio fue determinar el potencial de rendimiento de MS y PC del cártamo para forraje en respuesta al distanciamiento entre surcos y la densidad de población en la Comarca Lagunera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, localizado en Matamoros, Coahuila, México (25° 32' N, 103° 14' O y 1150 m sobre el nivel del mar), en un suelo con textura franco arcillosa. El sitio experimental tiene un suelo profundo (>1.8 m), con valores de humedad aprovechable de 150 mm m⁻¹ (Santamaría-César *et al.*, 2008) y un contenido de C orgánico de 0.75% (Santamaría-César *et al.*, 2006).

La preparación del suelo consistió de barbecho, rastreo, nivelación y trazo del experimento. Antes de la siembra, cada parcela experimental se fertilizó con urea y fosfato monoamónico granulares, a razón de 75 kg N y 80 kg P₂O₅ ha⁻¹, incorporando los fertilizantes con azadón. Los fertilizantes se aplicaron en forma manual, considerando el tamaño de parcela en cada método de siembra. La siembra se realizó manualmente en suelo seco el 29 de diciembre de 2013. El mismo día se aplicó el riego de siembra con una lámina de 150 mm. Para facilitar la emergencia de plántulas, 15 días después de la siembra (dds) se aplicó un riego ligero con una lámina de 80 mm. Se utilizó la variedad 'Tantoan 91'.

Se estudiaron cuatro distanciamientos entre surcos (19, 38, 57 y 76 cm) y tres densidades de población (20, 70 y 120 plantas m⁻²) bajo un arreglo de tratamientos factorial 4 x 3, y un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El factor A fue el distanciamiento entre surcos, y el factor B la densidad de población. El número de surcos fue de 16, 8, 6 y 4 para las distancias entre surcos 19, 38, 57 y 76 cm, respectivamente. La longitud de surcos en todos los casos fue de 4 m. Las mediciones se realizaron en una superficie de 4.56 m² en todas las parcelas. El número de surcos cosechados y su longitud fue de 8 y 3.0 m, 4 y 3.0 m, 3 y 2.67 m, 2 y 3.0 m para los

distanciamientos 19, 38, 57 y 76 cm, respectivamente. Se utilizó una densidad de siembra 50% superior a la requerida para cada tratamiento de densidad de población. Posteriormente, a los 46 dds se realizó un aclareo de plantas, dejando el número de plantas m⁻² requerido para cada tratamiento de densidad de población.

Durante el ciclo de crecimiento se aplicaron tres riegos con una lámina de 120 mm, a los 51, 72 y 80 dds. En los dos primeros riegos se realizó una aplicación adicional de N (87.5 kg ha⁻¹) utilizando sulfato de amonio granulado. No se presentaron problemas de plagas. El control de maleza se realizó manualmente y con azadón. Las condiciones climáticas prevalecientes durante el ciclo de crecimiento fueron de 0 mm de precipitación pluvial, temperaturas máximas, mínimas y medias de 26.82°C, 7.94°C y 17.82°C, respectivamente, así como 25.85% de humedad relativa y 421.8 mm de evaporación potencial.

En la fase de desarrollo de inicio de yemas florales, se determinaron los rendimientos de forraje fresco y materia seca a la cosecha realizada a los 90 dds. El contenido de MS se determinó de una muestra (0.57 m²) tomada al azar dentro de la parcela útil; para ello se muestrearon las plantas de 3.0, 1.5, 1.0 y 0.75 m lineales en surcos a 19, 38, 57 y 75 cm, respectivamente. Las plantas se secaron en una estufa de aire forzado a 60 °C hasta alcanzar peso constante. El rendimiento de MS fue determinado multiplicando el rendimiento de forraje fresco por el contenido de MS en cada parcela.

Se determinó el índice de área foliar y la interceptación de RFA un día antes de la cosecha. Se tomaron tres lecturas en cada uno de las parcelas experimentales entre las 1200 y 1400 h tiempo solar, usando un ceptómetro AccuPAR PAR/LAI modelo LP-80 (Decagon Devices, Inc., Pullman WA, USA). Se tomaron tres lecturas arriba y tres abajo del dosel, paralelo a la superficie de la tierra. El sensor fue colocado en un ángulo respecto a la hilera de plantas suficiente para que cada extremo del sensor

quedara en el centro de los surcos, y el centro del sensor quedara en el centro de cuatro y dos surcos para las distancias entre surcos de 19 y 38 cm, respectivamente; y de un surco para los distanciamientos de 57 y 76 cm.

Las plantas muestreadas para estimar el contenido de MS fueron también utilizadas para determinar el contenido de proteína cruda (PC) del forraje. Las plantas secas se molieron en un molino Wiley (Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, EUA) con una malla de 1 mm. Las muestras fueron analizadas de acuerdo con el método Kjeldahl para N (Bremner 1996). Los rendimientos de PC se obtuvieron al multiplicar

el contenido de PC por el rendimiento de MS de cada parcela.

Los datos obtenidos se analizaron mediante análisis de regresión lineal simple para determinar la relación entre el IAF y la densidad de población con la intercepción de RFA, contenido de PC y los rendimientos de MS y PC. Las ecuaciones lineales o cuadráticas se seleccionaron de acuerdo a la significancia de los coeficientes de regresión. Los efectos fueron considerados significativos en todos los cálculos estadísticos cuando el valor de $P \leq 0.05$. El análisis de los datos se efectuó con el programa estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute 2011).

RESULTADOS

Relación de IAF con la densidad de población e intercepción de RFA.

El IAF se incrementó con el aumento de la densidad de población en todos los distanciamientos entre surcos. Se tuvo una respuesta cuadrática en los surcos a 19, 38 y 57 cm de distancia, mientras que en los surcos a 76 cm la respuesta fue lineal. Los mayores valores de IAF se obtuvieron en los surcos a 19 y 38 cm de distancia en todas las densidades de población evaluadas (21.7 a 120.7 plantas m^{-2}). Los surcos a 57 cm de distancia presentaron mayores valores de IAF (7.13 a 7.64) en las densidades de población intermedias (55 a 80 plantas m^{-2}) respecto a los obtenidos en surcos a 76 cm (Figura 1a).

La relación entre el IAF y la intercepción de luz solar a la cosecha se ajustó a una función lineal en los surcos estrechos a 19, 38 y 57 cm de distancia, mientras que en los surcos convencionales a 76 cm la relación fue cuadrática (Figura 1 b). En todos los tratamientos el máximo valor de intercepción (96.9 a 99.5%) se alcanzó en el mayor valor de IAF (7.20 a 8.80). En los surcos estrechos la respuesta al incremento del IAF fue menor a la observada en surcos a 76 cm de distancia, ya que en los primeros la intercepción de la radiación solar sólo se incrementó de 92.4 a 99.5% al aumentar el IAF de 5.5 a 8.8; mientras que en los surcos a 76 cm, la intercepción de luz aumentó de 81.5 a 96.9%, cuando el IAF varió de 5.04 a 7.20. En los surcos a 57 y 76 cm de distancia, el valor de IAF crítico para alcanzar el 95% de intercepción de RAF fue de 7.

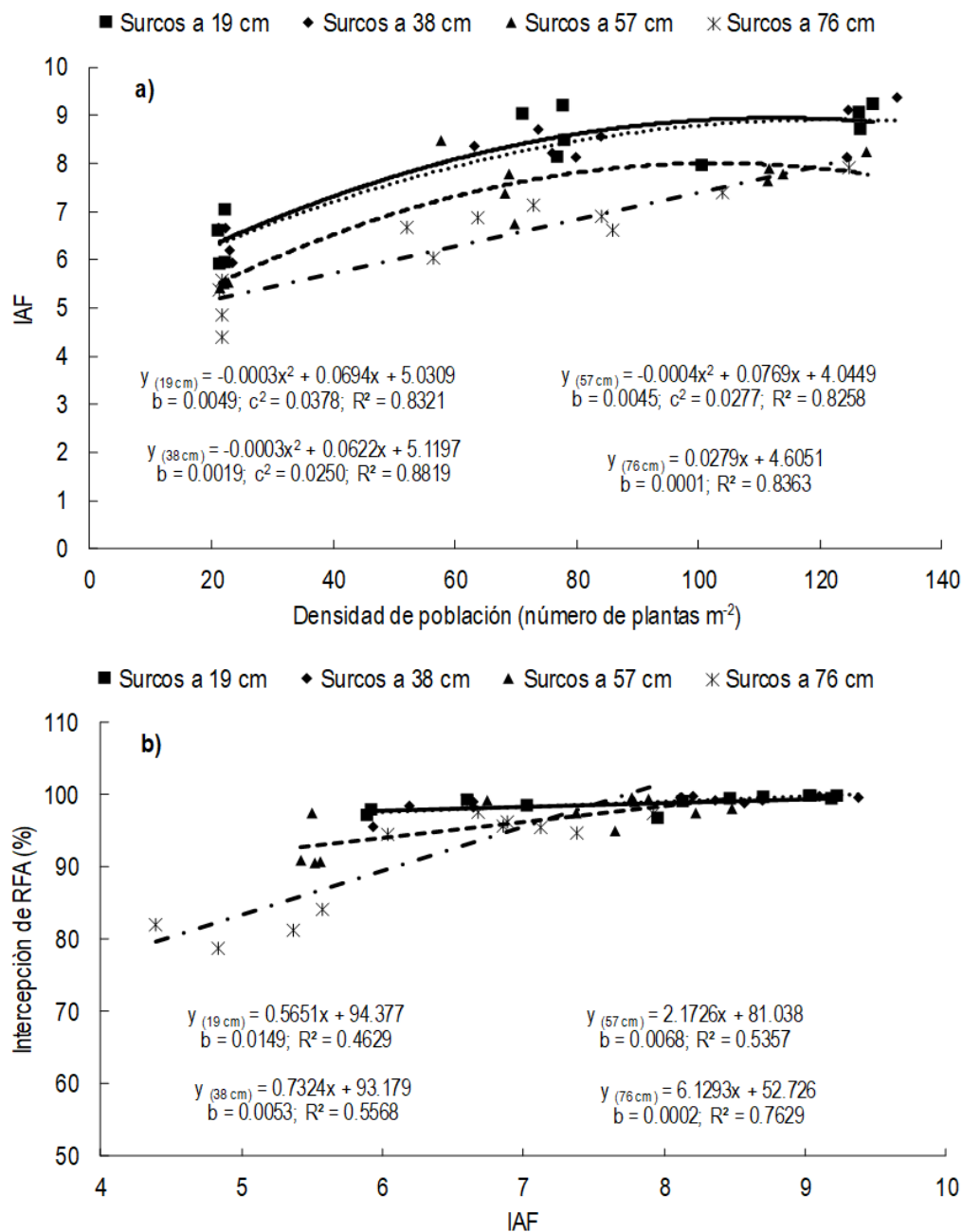


Figura 1. Relación entre densidad de población, índice de área foliar (IAF) e intercepción de radiación solar fotosintéticamente activa (RFA) en cártamo establecido en el ciclo 2013-2014 en Matamoros, Coahuila. b = parámetro lineal de la regresión; c^2 = parámetro cuadrático de la regresión.

Rendimientos de materia seca y proteína cruda.

El incremento del IAF en todos los distanciamientos entre surcos provocó un aumento del rendimiento de MS. Esta respuesta se ajustó a una función lineal con un aumento de rendimiento de MS de 771.4 kg por unidad de incremento de IAF (Figura 2). Respecto a la respuesta del rendimiento de MS al incremento de densidad de población, cada distanciamiento entre surcos se ajustó a una función diferente. En los surcos a 19, 38 y 57 cm de distancia la relación fue lineal, mientras que en surcos a 76 cm la relación fue cuadrática. Los mayores rendimientos de MS se obtuvieron en los surcos a 19 cm de distancia (5418 a 8238 kg ha⁻¹), a una función lineal. El mayor rendimiento de PC se obtuvo en surcos a 19 cm de distancia en todas las densidades de población (961 a 1492 kg ha⁻¹). La máxima producción de PC en los surcos a 19, 38 y 76 cm de distancia se produjo

seguido de los surcos a 38 y 57 cm (4883 a 7260 kg ha⁻¹). Los surcos a 76 cm de distancia sólo igualaron los rendimientos de MS (6121 kg ha⁻¹) obtenidos en surcos a 57 cm con densidades de población intermedias (60 a 90 plantas m⁻²) (Figura 3a).

El contenido de PC en el forraje del cártamo establecido en los cuatro distanciamientos entre surcos evaluados no presentó una variación significativa. El contenido de PC promedio fue de 181g kg⁻¹ (Figura 4). Respecto al rendimiento de PC en respuesta a la densidad de población, los surcos a 19 y 57 cm de distancia se ajustaron a una función cuadrática, mientras que en los surcos a 38 y 76 cm fue

en la mayor densidad de población (1164 a 1492 kg ha⁻¹), mientras que en surcos a 57 cm se obtuvo a 75 plantas m⁻² (1144 kg ha⁻¹) (Figura 3b).

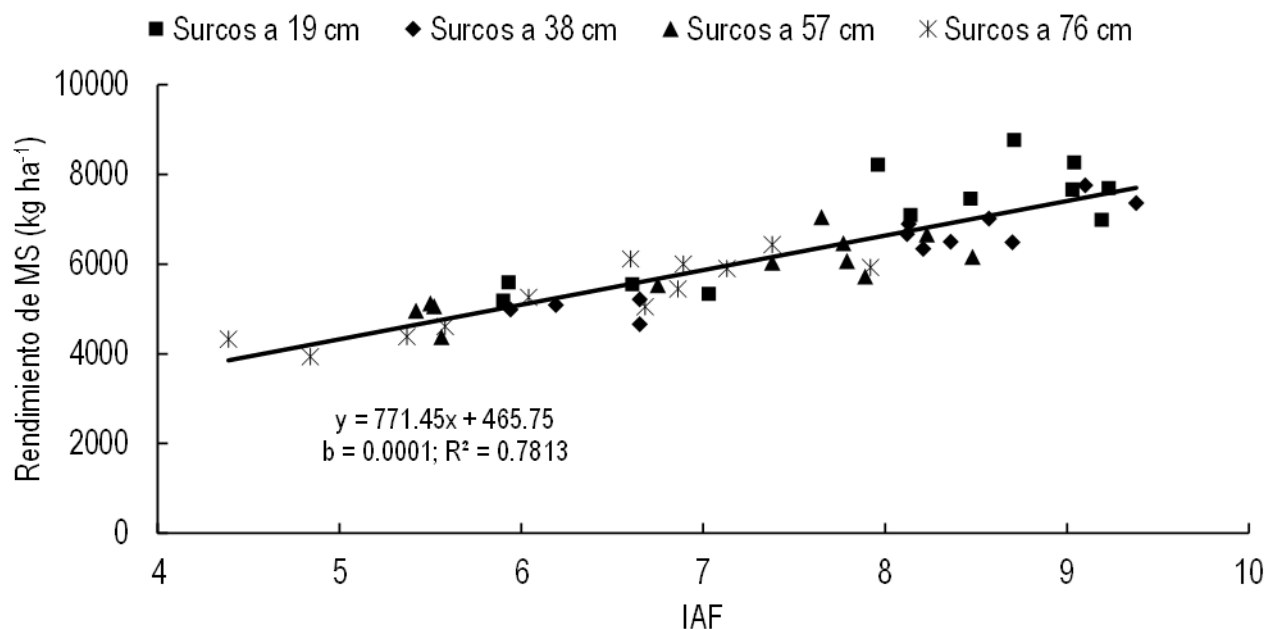


Figura 2. Relación entre el índice de área foliar (IAF) y el rendimiento de materia seca (MS) de cártamo forrajero establecido en el ciclo 2013-2014 en Matamoros, Coahuila. b = parámetro de la regresión lineal.

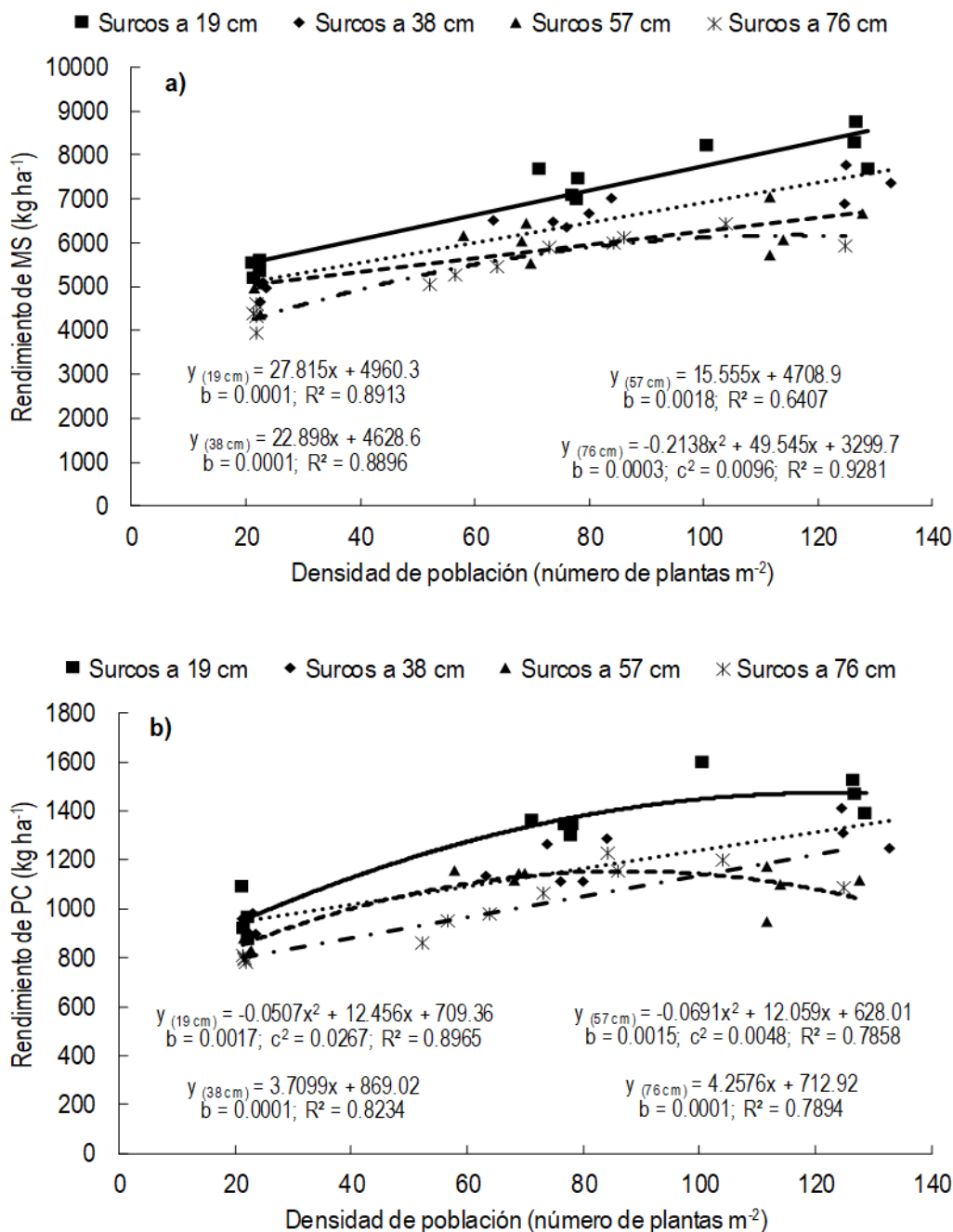


Figura 3. Relación entre la densidad de población con los rendimientos de materia seca (MS) y proteína cruda (PC) de cártamo forrajero establecido en el ciclo 2013-2014 en Matamoros, Coahuila. b = parámetro lineal de la regresión; c^2 = parámetro cuadrático de la regresión.

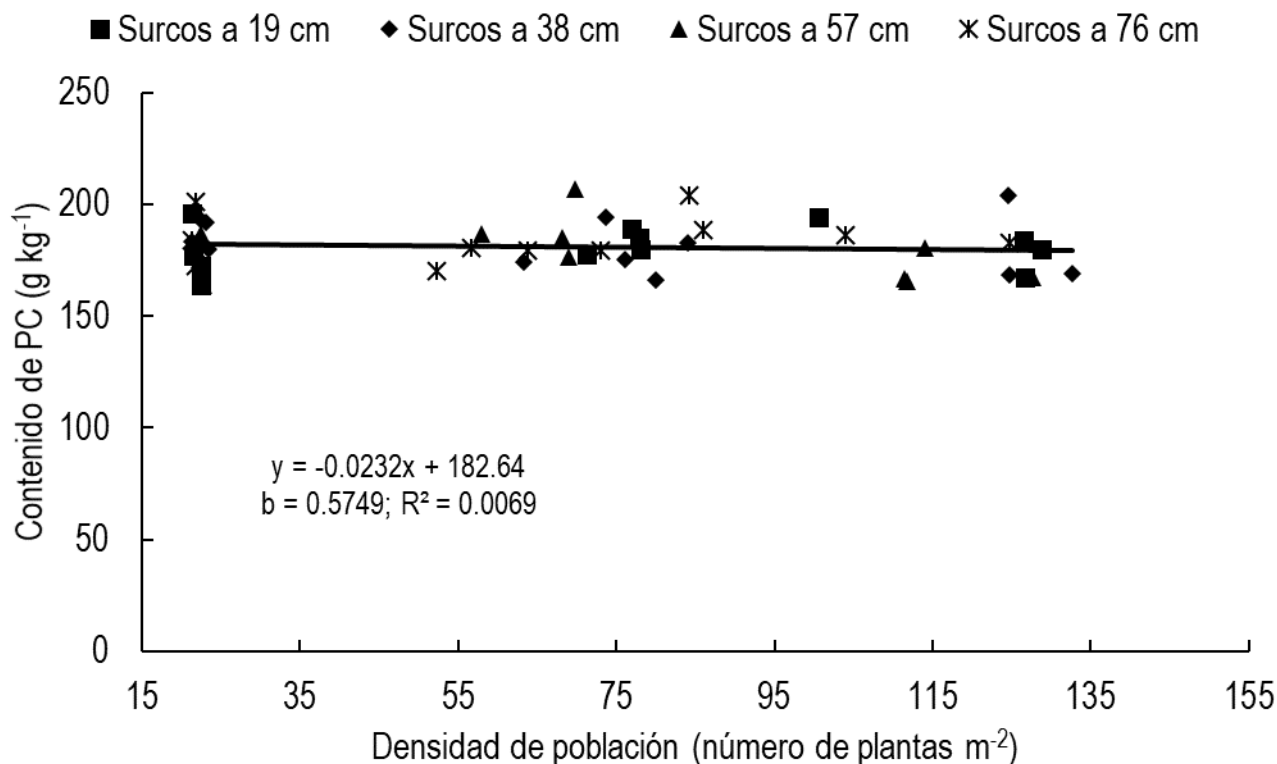


Figura 4. Relación entre la densidad de población y el contenido de proteína cruda (PC) en cártamo forrajero establecido en el ciclo 2013-2014 en Matamoros, Coahuila. b = parámetro de la regresión lineal.

DISCUSIÓN

Índice de área foliar e intercepción de radiación solar fotosintéticamente activa.

Los resultados indican que el incremento del IAF en respuesta a la reducción del distanciamiento entre surcos de 76 a 19 cm, y al aumento de la densidad de población de 21.7 a 120.7 plantas m⁻², está estrechamente relacionado a la capacidad del cultivo de interceptar radiación solar, y por lo tanto, con el potencial de rendimiento de MS. La función encontrada indica que el rendimiento de MS se incrementó de 3,928 a 7,857 kg ha⁻¹ cuando el IAF aumentó de 4.38 a 9.38. (Figura 2). Estos resultados son similares a los encontrados por Mokhtassi-Bidgoli *et al.* (2007) quienes observaron que la rápida formación y expansión del área foliar son

características de genotipos de cártamo con alto rendimiento, mientras que Ghosh *et al.* (2013) indican que es importante el alcanzar el máximo IAF en una etapa temprana del desarrollo para la mayor acumulación de MS en cártamo. En otros trabajos realizados en la Comarca Lagunera con cártamo establecido en surcos estrechos (19 y 38 cm de distancia) y densidades de población de 100 plantas m⁻², se han encontrado valores de IAF de 6.97 a 8.78 (Reta *et al.*, 2014; Reta *et al.*, 2015 y Reta *et al.*, 2017). Estos valores de IAF son similares a los observados en el presente estudio en densidades bajas e intermedias, y ligeramente menores a los obtenidos en densidades altas (> 100 plantas m⁻²) en surcos estrechos (Figura 1a).

La mejor distribución de plantas en el suelo en surcos estrechos (19 y 38 cm de distancia) les

permitió obtener mayores valores de IAF en todas las densidades de población evaluadas (Figura 1a), y así alcanzar porcentajes de intercepción de RFA altos (> 95%) desde de la densidad más baja (21.3 plantas m⁻²) (Figura 1b). En contraste, para alcanzar el valor crítico de IAF (7), y el 95% de RFA en los surcos con mayor distanciamiento, fue necesario incrementar la densidad de población a 50 plantas m⁻² en surcos a 57 cm y a 85 plantas m⁻² en surcos a 76 cm (Figura 1a). Esto significa que en menores densidades de población, el cultivo en surcos a 57 y 76 cm de distancia nunca alcanzó una cobertura total del suelo en la etapa de desarrollo en la que se realizó la cosecha en el estudio. Bajo estas condiciones, el rendimiento de MS del cultivo fue limitado por su bajo valor del IAF, y menor capacidad de intercepción de RFA respecto a los surcos estrechos (Figura 1b). Reta *et al.* (2014) encuentran que la distancia entre surcos no afectó el IAF del cártamo estimado en la cosecha; sin embargo, se presentó una variación entre tratamientos en la edad en la que se alcanzó el 95% de intercepción de RFA. En el estudio se observó que los surcos a 19 cm presentaron la ventaja de alcanzar la máxima capacidad de intercepción de RFA 14 días antes respecto a los surcos a 76 cm.

Rendimiento de materia seca y proteína cruda.

La disminución del espaciado entre surcos de 76 a 19 cm y el aumento de la densidad de población de 21.7 a 120.7 plantas m⁻² provocaron incrementos en los rendimientos de MS (4316 a 8238 kg ha⁻¹) y de PC (792 a 1492 kg ha⁻¹), con variaciones en la respuesta de acuerdo al distanciamiento entre surcos. La mayor capacidad de intercepción de RFA en surcos estrechos (19 y 38 cm) (Figura 1b), debido a mayores valores de IAF (Figura 1a), se reflejó en rendimientos de MS superiores a los obtenidos en surcos a 57 y 76 cm en todas las densidades de población evaluadas, aunque las diferencias más grandes ocurrieron en las

densidades más altas (Figura 3a). Respuestas similares han sido observadas en otros estudios realizados para evaluar el efecto de la disminución del distanciamiento entre surcos en cártamo para semilla y forraje. Los resultados en cártamo para semilla indicaron que los tratamientos con distancias entre surcos de 25 y 30 cm incrementaron el rendimiento biológico entre 38.6 y 45.0% respecto a los surcos con distanciamientos entre 50 y 60 cm (Sharifmoghaddasi y Omid 2009; Nazar Ali Zadeh *et al.*, 2012). Reta *et al.* (2014) encontraron en cártamo para forraje cosechado al inicio del crecimiento de la inflorescencia, que la reducción de la distancia entre surcos de 76 a 20 cm incremento el rendimiento de MS en 20.7%. Estas diferencias entre tratamientos, se atribuyeron a una más temprana y mayor intercepción de RFA en surcos estrechos (Mokhtassi-Bidgoli *et al.*, 2007; Reta *et al.*, 2014).

Los resultados del presente estudio apoyan los encontrados en trabajos previos sobre el comportamiento del cártamo bajo diferentes distanciamientos entre surcos. Sin embargo, también se observó un efecto adicional positivo del incremento de densidad de población sobre los rendimientos de MS y PC en todas las distancias entre surcos evaluadas (Figura 3a, b). Esta respuesta positiva a la densidad fue menor en los tratamientos con mayor distancia entre surcos, lo cual sugiere un aumento de la competencia por radiación solar entre las plantas de un mismo surco, al aumentar la densidad de población. Los surcos a 19 y 38 cm presentaron valores de IAF (Figura 1a) e intercepción de RFA (Figura 1b) similares en todas las densidades de población evaluadas. Sin embargo, la mejor distribución de plantas sobre el terreno redujo la competencia por radiación solar en surcos a 19 cm, lo cual se reflejó en una mayor respuesta en rendimiento de MS. En los distanciamientos entre surcos de 57 y 76 cm, la mayor competencia entre plantas disminuyó la respuesta a la densidad de población comparados con los surcos a 19 cm, y esto

ocurrió en mayor grado en los surcos a 76 cm, como se evidencia por su respuesta cuadrática a la densidad de población (Figura 3a).

Debido a que el contenido de CP no presentó una variación significativa en respuesta al espaciamiento entre surcos y la densidad de población, la respuesta del rendimiento de PC al incremento de la densidad de población fue similar a la observada en el rendimiento de MS, con excepción de los surcos a 57 cm, donde una ligera disminución del contenido de PC redujo el rendimiento de PC en altas densidades (Figura 3b).

Alternativas en los métodos de siembra.

Los resultados de este estudio indican que en cártamo forrajero cosechado en la etapa de yema floral, los mayores rendimientos de MS y PC se obtuvieron en surcos estrechos a 19 cm, con densidades de población hasta de 120.7 plantas m⁻². En siembras comerciales es posible realizar esta siembra utilizando una sembradora de granos pequeños, y sin tener problemas en el desarrollo y crecimiento del cultivo; ya que no se presentaron problemas de acame del cultivo. Sin embargo, este método no permite el paso de maquinaria durante el desarrollo del cultivo sin provocar daños en las plantas. Por esta razón, para usar este método de siembra, se requiere

tecnología y maquinaria apropiada para realizar el control de maleza, aplicación fraccionada de fertilizantes nitrogenados y aplicación de plaguicidas. En situaciones donde se requiere el paso de maquinaria, el cultivo puede ser establecido en surcos a 38, 57 y 76 cm, pero el rendimiento decrecerá al incrementarse la distancia entre surcos. Aun así, en las dos primeras distancias entre surcos se requieren adaptaciones en la maquinaria tradicional, mientras que en surcos a 76 cm se puede usar la maquinaria convencional.

CONCLUSIONES

La disminución del espaciamiento entre surcos de 76 a 19 cm y el aumento de la densidad de población de 21.7 a 120.7 plantas m⁻² provocaron incrementos en los rendimientos de MS y PC de 90.9 y 88.4%, respectivamente. Debido a su mayor capacidad de intercepción RFA y la menor competencia entre plantas, los surcos a 19 cm produjeron mayores rendimientos de MS y PC que los obtenidos en los surcos a 38, 57 y 76 cm en todas las densidades de población, con las diferencias más grandes en las densidades más altas.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por el financiamiento de este estudio.

LITERATURA CITADA

Bar-Tal A, Landau S, Li-xin Z, Markovitz T, Keinan M, Dvash L, Brenner S, Weinberg ZG (2008). Fodder quality of safflower across an irrigation gradient and with varied nitrogen rates. *Agronomy Journal*. 100:1499-1505.

Bremner JM (1996). Nitrogen-Total. In: Sparks DL (ed.) *Methods of soil analysis*. Part 3. SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI. pp: 1085-1121.

Ghosh PK, Majumder MK, Banerjee SP (2013). Growth analysis studies and their possible use in selection work in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *International Journal of Farming and Allied Sciences*. 2:38-41.

Landau S, Friedman S, Brenner S, Bruckental I, Weinberg ZG, Ashbell G, Hen Y, Dvash L, Leshem Y (2004). The value of safflower (*Carthamus tinctorius*) hay and silage grown under Mediterranean conditions as forage for dairy cattle.

- Livestock Production Science. 88:263-271.
- Leshem Y, Brukental I, Landau S, Ashbell G, Weinberg ZG, Brosh A (2000). Safflower - new forage crop in Israel. Meshek Habakar Vehachalar. 286:27-32.
- Maas EV (1986). Salt tolerance of plants. Applied Agriculture Research. 1:12-26.
- Mokhtassi-Bidgoli A, Akbari Gh AI, Mirhadi MJ, Pazoki AR, Soufizadeh S (2007). Yield components, leaf pigment contents, patterns of seed filling, dry matter, LAI and LAID of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes in Iran. Pakistan Journal of Biological Science. 10:1406-1413.
- Montoya-Coronado L (2010). El cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en México. Libro Técnico Núm. 5. INIFAP-CIRNOC-CAMPO EXPERIMENTAL NORMAN E. BORLAUG. Cd. Obregón, Sonora, México.
- Nazar Ali Zadeh K, Naseri Rahim, Mirzaei A, Soleymanifard A (2012). Effects of planting pattern on yield, its components, oil contain and some important agronomic traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in dry land conditions. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 4:86-91.
- Reta SDG, Serrato CJS, Gaytán MA, Quiroga GHM, Orozco HG, Payán GJA (2014). Potencial forrajero del cártamo en respuesta al distanciamiento entre surcos en la Comarca Lagunera. AGROFAZ. 14:65-71.
- Reta SDG, Quiroga GHM, Serrato CJS (2015). Patrones de cultivos forrajeros alternativos con mejor adaptación al cambio climático en la Comarca Lagunera. Desplegable para productores Núm. 20. INIFAP-CIRNOC-CELALA.
- Reta SDG, Serrato CJS, Gaytán MA, Quiroga GHM, Frausto LF, Ordaz VS, Godoy HJ (2016). Validación de patrones de cultivo forrajeros alternativos con menor estrés por altas temperaturas en la Comarca Lagunera. AGROFAZ. 16:65-75.
- Reta SDG, Serrato CJS, Quiroga GHM, Gaytán MA, Figueroa VU (2017). Secuencias de cultivo alternativas para incrementar el potencial forrajero y productividad del agua. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 8:397-407.
- Reta-Sánchez DG, Serrato-Corona JS, Figueroa-Viramontes R, Cueto-Wong JA, Berumen-Padilla S, Santamaría-César J (2008). Cultivos alternativos con potencial de uso forrajero en la Comarca Lagunera. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP-CIRNOC-CELALA. Cd. Matamoros, Coahuila, México.
- Sánchez DJI, Reta SDG, Reyes GA, Ochoa ME, Rodríguez HK, Maldonado JJA, Anaya SA, Isidro RLM. 2018. Evaluación del ensilaje de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) en un establo lechero de la Comarca Lagunera. AGROFAZ. Volumen Especial CELALA: 55-62.
- Santamaría-César J, Reta-Sánchez DG, Chávez-González JFJ, Cueto-Wong JA, y Romero-Paredes Rubio JI (2006). Caracterización del medio físico en relación a cultivos forrajeros alternativos para la Comarca Lagunera. Libro Técnico Núm. 2. INIFAP-CIRNOC-CELALA. Cd. Matamoros, Coahuila, México.
- Santamaría-César J, Reta-Sánchez DG, Faz-Contreras R, Orón-Castillo I (2008). Reducción del rendimiento potencial en maíz forrajero en calendarios con tres y cuatro riegos. Terra Latinoamericana. 26:235-241.
- Sharifmoghaddasi MR, Omid AH (2009). Determination of optimum row-spacing and plant density in Goldasht safflower variety. Advances in Environmental Biology. 3:233-238.



- SAS Institute (2011). The SAS System for Windows, Release 9.3. Statistical Analysis Systems Inst., Cary, NC.
- Weinberg ZG, Ashbell G, Hen Y, Leshem Y, Landau YS, Brukental I (2002). A note on ensiling safflower forage. Grass and Forage Science. 57:184-187.