

Producción de algodón con altas densidades de siembra usando fertilización orgánica

Cotton production with high sowing densities using organic fertilization

López Martínez JD¹, E Salazar Sosa¹, HI Trejo-Escareño¹, JL García Hernández¹, M Navarro Morones², C Vázquez-Vázquez¹

Resumen. La Comarca Lagunera localizada en los Estados de Durango y Coahuila, México, es la principal cuenca lechera del país, con alrededor de 500000 vacas que producen cerca de 1,2 millones de toneladas de estiércol anualmente. Este abono puede utilizarse en la producción agrícola para reducir la utilización de productos químicos, reduciendo costos de producción, índices de contaminación y mejorar las características físico-químicas de los suelos, dándoles un manejo sustentable. Esta es una región históricamente algodонера, donde actualmente se siembran 30 mil hectáreas del cultivo. La aplicación de estiércol al suelo es una opción rentable para los agricultores. Los factores de estudios que se evaluaron fueron densidad de siembra (120000 y 240000 plantas/ha) y estiércol bovino solarizado (0, 40, 80, 120 t/ha), y un tratamiento químico de 120-60-00 kg/ha de N-P-K. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo en franjas con tres repeticiones. El objetivo de este estudio fue determinar la dosis de estiércol bovino solarizado, así como la mejor densidad de siembra en la producción de algodón durante el desarrollo fenológico del cultivo. Las variables evaluadas fueron: rendimiento, humedad y temperatura del suelo y calidad de fibra. En lo referente a rendimiento, el tratamiento que obtuvo los más altos resultados fue el de 80 t/ha con 120000 plantas/ha. La temperatura más alta ocurrió a 0-7,5 cm de profundidad del suelo en la dosis de 120 t/ha con una media de 37,75 °C. En calidad de fibra no existió diferencia entre tratamientos.

Palabras clave: Fertilidad de suelo; Solarización; Surcos ultra-estrechos.

Abstract. The Laguna Region located in the states of Durango and Coahuila, Mexico, is the main cow milk production region of Mexico. Here there are about 500000 heads of cattle. This region produces about 1.2 million tons of cattle manure annually, which allows raising the possibility of their use in agriculture. Treatments evaluated in this study were: plant density (120000 and 240000 plants/ha), solarized cattle manure (0, 40, 80, 120 t/ha), and an additional chemical treatment of 120-60-00 kg/ha of nitrogen, phosphorus and potassium, respectively. A randomized block design with a strip arrangement was used. Three replicates were used per treatment. The objective of this study was to determine the solarized dose cattle manure and the best planting density in cotton production during the phenological development of the crop. The evaluated variables were: yield, soil moisture and temperature, and fiber quality. The results indicated that the highest yield was for treatment of 80 t/ha with 120000 plants/ha. The highest temperature occurred at 0-7.5 cm soil depth in the dose of 120 t/ha, with a mean of 37.75 °C.

Keywords: Soil fertility; Solarization; Narrow furrows.

¹Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Postgrado, Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 28. Apartado Postal 1-142, C.P. 35000. Gómez Palacio, Durango, México.

²Estudiante del Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias Forestales, Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 28.

Address Correspondence to: Héctor Idilio Trejo Escareño, e-mail: idilio72@yahoo.com.mx

Recibido / Received 6.VI.2013. Aceptado / Accepted 11.IX.2013.

INTRODUCCIÓN

La región Lagunera se ubica en los estados de Coahuila y Durango, México, donde el algodón es un cultivo de gran tradición e importancia, desde los inicios de las actividades agropecuarias; hay registros de siembra de hasta 120 mil ha en un solo ciclo de cultivo en la década de los sesenta (SAGARPA 2004). Además de la fibra, se obtiene semilla de la cual se extraen aceites comestibles y harinolina, la cual se usa como alimento para el ganado (Espinoza et al., 2009).

El sistema actual de producción del algodonoero se caracteriza por usar gran cantidad de insumos, agua, fertilizantes e insecticidas. La Comarca Lagunera es la principal cuenca lechera del país. Existen cerca de 500 mil cabezas de ganado vacuno, de las cuales 280 mil están en línea de ordeño con una producción lechera cercana a los seis millones de litros diarios (SAGARPA, 2011).

En esta región se producen cerca de 1,2 millones de toneladas de estiércol bovino anualmente (Salazar et al., 2007). Esto permite plantear la posibilidad de su utilización en la agricultura. De ahí la importancia de utilizar este deshecho de la ganadería en la producción agrícola con la finalidad de reducir la utilización de productos químicos y así abatir costos de producción e índices de contaminación. Los abonos orgánicos (estiércol, compost, residuos de cosecha, etc.) se recomiendan en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad, y facilitar la disponibilidad de nutrientes para la planta (Castellanos, 1982 b; Castellanos et al., 1996).

Los abonos orgánicos constituyen así una alternativa para la reducción de insumos de una manera sustentable. Los mismos afectan al medio ambiente de una manera positiva, son económicos y rentables, y mejoran la calidad de la fibra (Bahman y Power, 1999).

La solarización es un método de tratamiento activo de los abonos orgánicos, que consiste en juntar el abono en montículos de un metro de alto, humedecer hasta el 25% y cubrir con plástico sin albedo; el proceso aumenta la temperatura a más de 60 °C en tiempo variable según condiciones climáticas del lugar y la temporada del año (Salazar et al., 2011).

El objetivo de este estudio fue determinar la dosis de estiércol bovino solarizado, así como la mejor densidad de siembra, en la producción de algodón durante el desarrollo fenológico del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el ciclo de primavera-verano del 2011 en el campo agrícola (CAE-FAZ-UJED), el cual está ubicado en el km. 28 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, a inmediaciones del ejido Venecia, Mpio. de Gómez Palacio, Dgo. México (24° 22' 12" - 26° 47' 24" N, 102° 15' 36" - 104° 45' 36" O, 1139 m.s.n.m.).

Según la clasificación de Köppen modificado por García (1981), el clima es seco desértico o estepario cálido con lluvias en el verano e inviernos frescos. La precipitación pluvial es de 258 mm y la temperatura media anual es de 22,1 °C, con rangos de 38,5 °C como media máxima y 16,1 °C como media mínima. La evaporación anual media es de 2396 mm. Los suelos nativos son de aluvi6n, tipo aridosol, con un contenido pobre de materia orgánica (0,9%).

Variabes evaluadas y análisis estadístico. Temperatura del suelo (°C) usando geotermómetros; humedad del suelo (%) utilizando el método gravimétrico, calidad de fibra (longitud, resistencia y finura) y rendimiento de algodón en hueso (t/ha). Las variables evaluadas en suelo fueron a 0-7,5 y 7,5-15 cm en el perfil; a esta profundidad se produce la mayor mineralización. La humedad del suelo se muestreó los días julianos 132 (12 mayo), 145 (25 mayo), 157 (3 junio), 164 (13 junio), 172 (21 junio), y 185 (4 julio).

Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial (Olivares, 1996), con tres repeticiones, y separación de medias por Tukey a $p \leq 0,05$. El análisis estadístico se efectuó con el paquete estadístico SAS System (2003). Factor A (densidad de siembra), A1= 120000 plantas/ha y A2= 240000 plantas/ha. Factor B (niveles de estiércol bovino), B1= 0 t/ha, B2= 40 t/ha, B3= 80 t/ha ; B4= 120 t/ha, y B5= fertilización química con la dosis recomendadas para esta región por el Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), de 120-60-00 kg/ha de nitr6geno, f6sforo y potasio (N, P, K), respectivamente. Estos tratamientos se eligieron para poder explorar la mayoría de las dosis utilizadas en la región, desde cero hasta 160 t/ha de estiércol bovino que aplican los productores. Las dosis bajas corresponden a las producidas por establos pequeños, y las dosis altas por los de establos grandes con hatos de más de 1000 vacas en producción. La dosis de fertilizante químico la utilizan los productores que no tienen acceso a estos tratamientos de estiércol.

Aplicación de estiércol solarizado. Se aplicó un mes antes de la siembra de acuerdo a las dosis señaladas para cada tratamiento.

Material genético. Se utilizó la variedad transgénica de algodón (*Gossypium hirsutum*) DP 0935 BG/RR, que es tolerante al herbicida faena y presenta toxicidad a algunos lepid6pteros (gusano rosado y bellotero).

Preparación del terreno. Se realizaron labores de barbecho a 30 cm de profundidad, rastreo antes de la aplicación de estiércol. Después se procedió a incorporar el estiércol, de acuerdo a la distribución de las dosis señaladas por los tratamientos.

Siembra. Se llevó a cabo el 16 de Abril del 2011 en seco, de manera directa. La distancia entre surcos fue de 20 cm. Para la

población de 120000 plantas/ha la distancia entre plantas fue de 41,6 cm. Para la población de 240000 plantas/ha la distancia entre plantas fue de 20,8 cm.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura del suelo. Las temperaturas más altas se registraron el 25 de mayo con valores de 45 y 32 °C en las profundidades de 0-7,5 y 7,5-15 cm, respectivamente (Fig. 1). La temperatura más baja se produjo el 4 de julio con valores de 27 y 25 °C en las profundidades de 0-7,5 y 7,5-15 cm, respectivamente. Esta última fue la única fecha estadísticamente diferente a las demás fechas en cada profundidad. En cada fecha, se muestran diferencias estadísticas entre profundidades, excepto en la fecha del 4 de julio 2011.

Considerando los resultados de temperatura del suelo según dosis de fertilización (promedio del periodo muestreado), se aprecia que las temperaturas más altas se registraron en el tratamiento de 120 t/ha de estiércol, con valores de 41 y 30 °C en las profundidades de 0-7,5 y 7,5-15 cm, respectivamente. La temperatura más baja se presentó en el tratamiento de 40 t/ha de estiércol, siendo éste el único estadísticamente más bajo en la profundidad de 0-7,5 cm, con valores de 37 y 31 °C en las profundidades de 0-7,5 y 7,5-15 cm, respectivamente. Le siguió el tratamiento de 80 t/ha con temperaturas de 40 y 29 °C en las profundidades de 0-7,5 y 7,5-15 cm, respectivamente (Fig. 2). En general, todos los tratamientos evaluados tuvieron valores óptimos de temperatura para una buena actividad enzimática de los microorganismos que degradan la

materia orgánica. Frank et al. (1992) reportaron que bajo condiciones de temperatura ambiente cálida, las bacterias nitrificantes son más eficientes que las bacterias heterotróficas de amonio, mientras que en condiciones frías el comportamiento es inverso.

Humedad del suelo. Los resultados para dosis de fertilización (factor B) se presentan en la Figura 3. El valor de humedad más alto que se registró fue en los tratamientos de 80 y 40 t/ha, con valores de 34 y 31% el 25 de mayo, respectivamente. Los valores más bajos de humedad se presentaron el 3 de junio, en los tratamientos 0 t/ha y fertilización química. Sin embargo, no existió diferencia estadística. Esto se explica por la frecuencia de riego por cintilla. Similares resultados fueron encontrados por Mora et al. (2001), Smart y Bradford (1996), Martínez et al. (1999) y Medrano (2002), quienes indicaron que la labranza de conservación con cobertura reduce la erosión y evaporación, y conserva más la humedad en el suelo. Estos autores también mencionaron que la presencia de estiércol solo o combinado con algún residuo vegetal aplicado a la superficie del suelo permite mayor infiltración, además de controlar mejor la pérdida de agua.

No se observaron diferencias entre tratamientos para longitud, resistencia y finura de fibra tanto para el factor (A) densidad de plantas como para dosis de estiércol (factor B) (Tabla 1). Resultados contrarios fueron reportados por Bednarz et al. (2005; 2006), quienes mencionaron que las altas densidades de población reducen la finura y calidad de la fibra, siendo mejor la densidad de 126000 plantas/ha.

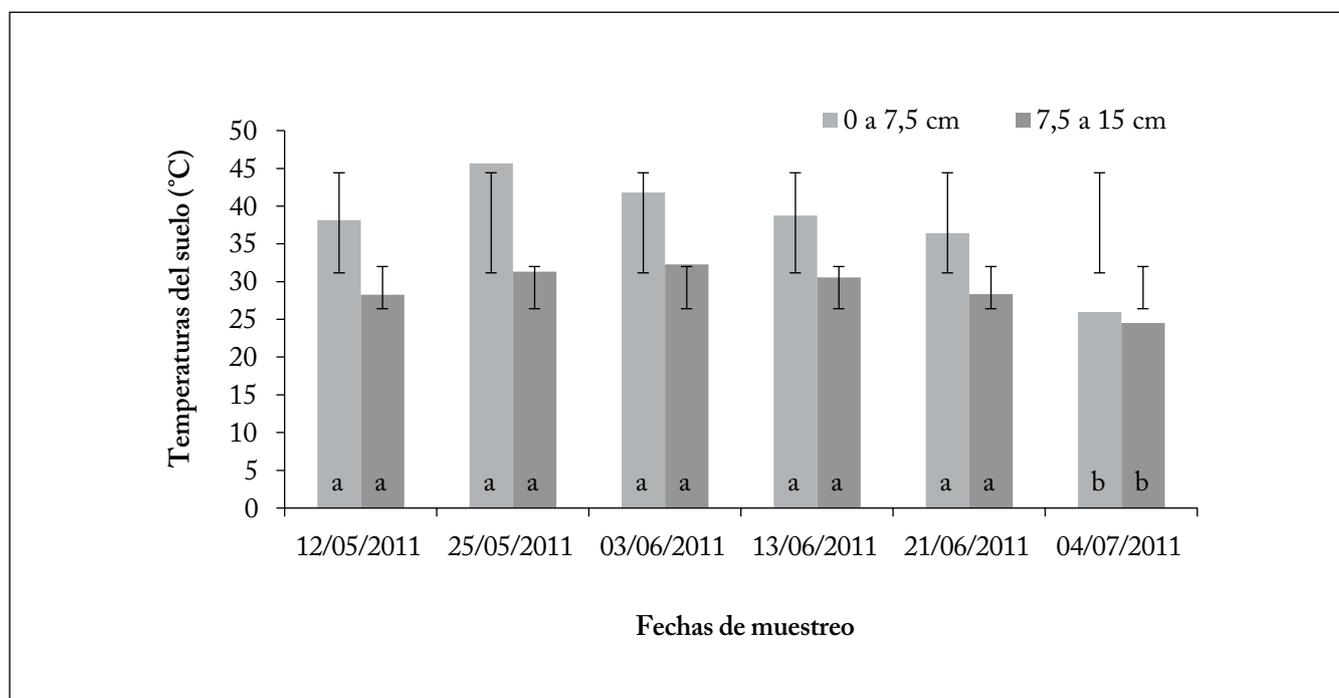


Fig. 1. Temperaturas del suelo según fechas de muestreo (2011).
Fig. 1. Soil temperatures according to sampling dates (2011).

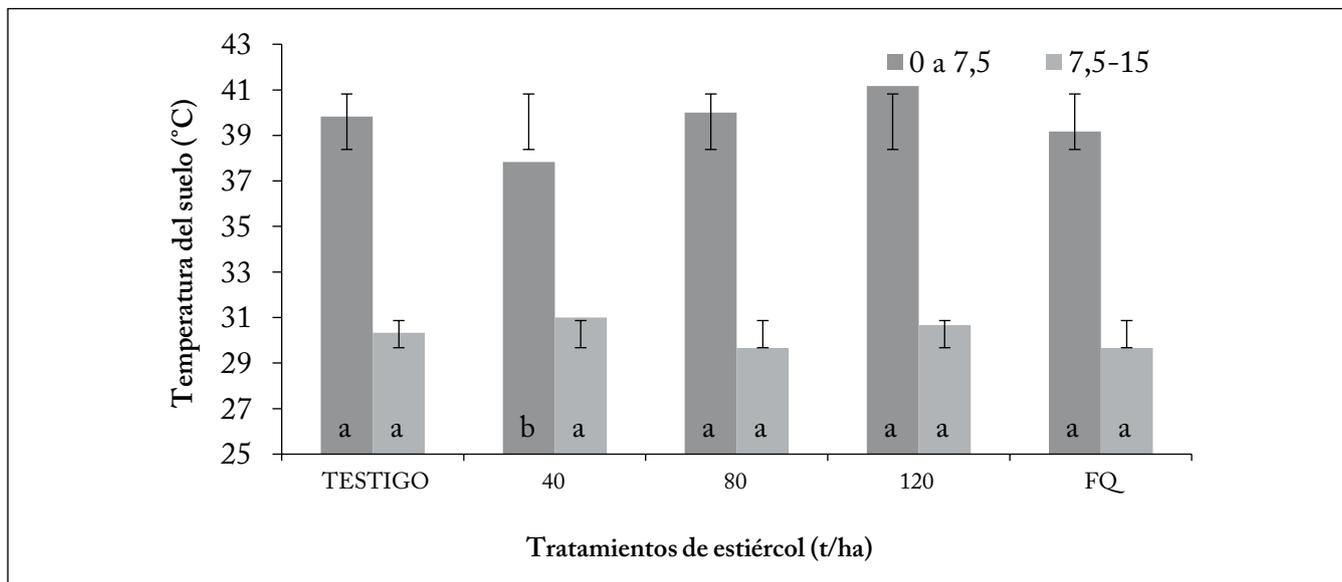


Fig. 2. Temperaturas medias del suelo en función de tratamientos de estiércol (2011).

Fig. 2. Average temperatures according to manure treatments (2011).

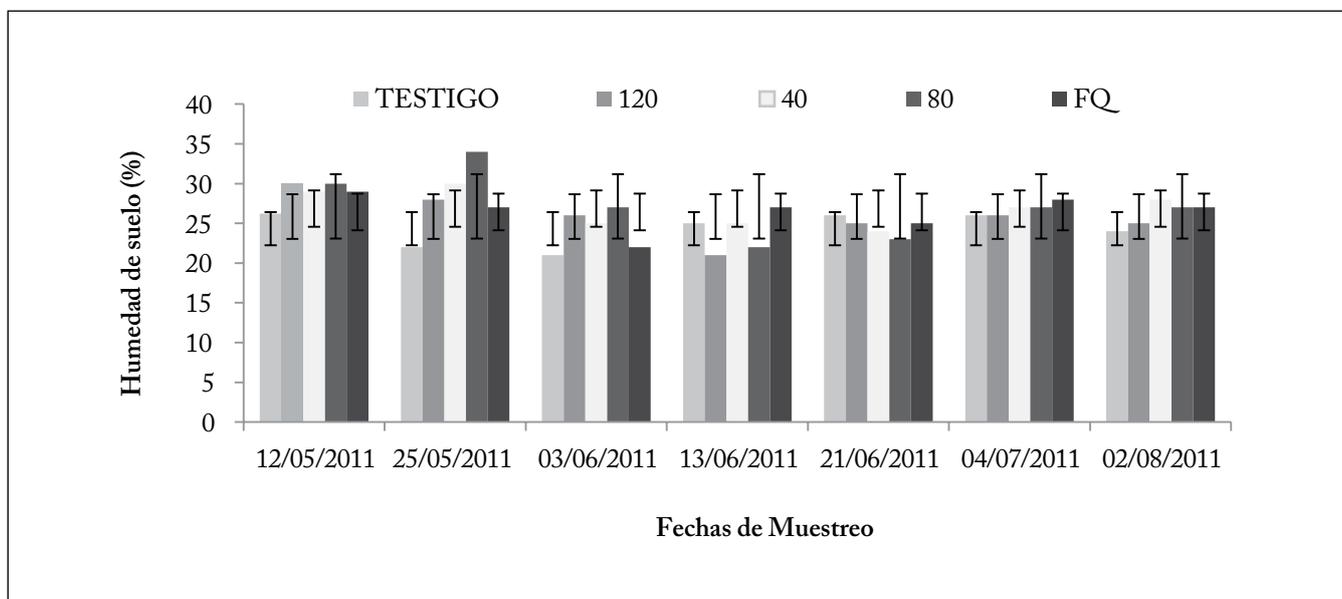


Fig. 3. Humedad del suelo (%) según fechas de muestreo y dosis de estiércol en el cultivo de algodón sembrado en altas densidades (2011).

Fig. 3. Soil moisture (%) according to sampling dates and manure doses in cotton sown at high densities (2011).

Rendimiento de algodón en hueso. En la Tabla 2 se aprecia que cuando observamos el efecto conjunto de A*B encontramos diferencia entre tratamientos; la Figura 4 indica que el tratamiento de 80 t/ha con una producción de 8912 kg/ha fue el más sobresaliente a la densidad de 120000 plantas/ha, siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos. Este fue seguido, para esa densidad de plantas, por la dosis de 120 t/ha con 7146 kg/ha.

Para el factor B (estiércoles), el mejor tratamiento fue el de 80 t/ha con 7795,7 kg/ha de algodón en hueso, seguido del tratamiento de 40 t/ha con 7095,1 kg/ha (Tabla 3). Sin embargo, el tratamiento químico fue el único estadísticamente diferente. Similares resultados fueron encontrados en maíz, en suelos negros (arcillosos) del Noreste del estado de Chihuahua por Ortiz y Amado (2003). Castellanos et al. (1996) coincidieron en el sentido de que dosis bajas de estiércol apli-

Tabla 1. Calidad de fibra promedio para tratamientos de estiércol y densidades de siembra (2011).**Table 1.** Average fiber quality for different manure treatments and seed densities (2011).

Niveles de Estiércol (t/ha)	Longitud (pulgadas)	Resistencia (g/tex)	Finura (mic)
B1= 0 t/ha	1,08 a	28,50 a	4,47 a
B2= 40 t/ha	1,12 a	28,32 a	4,35 a
B3= 80 t/ha	1,07 a	27,85 a	4,45 a
B4=120 t/ha	1,10 a	27,92 a	4,35 a
B5= Fertilización química (120-60-00)	1,00 a	28,38 a	4,41 a
Densidades			
120000 plantas/ha	1,08 a	28,00 a	4,38 a
240000 plantas/ha	1,08 a	28,39 a	4,37 a

Tabla 2. Análisis de Varianza para rendimiento de algodón (2011).**Table 2.** Analysis of Variance for cotton yield (2011).

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F-Valor	Pr>F
Bloque	2	250395,817	125197,908	0,39	0,6910
Densidad	1	3441192,008	3441192,008	10,64	0,0115
Densidad * Bloque	2	1088007,817	544003,908	1,68	0,2455
Dosis de Estiércol	4	5594440,833	1398610,208	4,33	0,0373
Densidad * Dosis	4	6034597,367	1508649,342	4,67	0,0308
Dosis * Bloque	8	2069417,767	258677,221	0,80	0,6199
Error	8	2586331,43	323291,43		

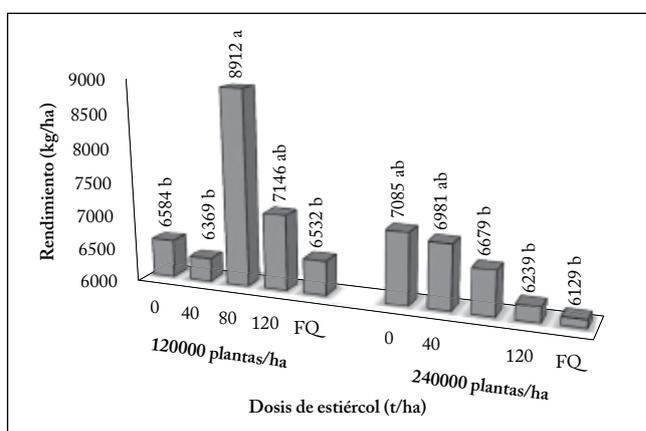
C.V = 8,107521 $R^2 = 0,877218$

Tabla 3. Rendimiento promedio de algodón por tratamiento de estiércol (2011).**Table 3.** Average cotton yield in each manure treatment (2011).

Dosis de Estiércol (t/ha)	Rendimiento promedio (kg/ha)
0	6834,5 ab
40	7095,1 ab
80	7795,7 a
120	6821,8 ab
Fertilización química (120-60-00; kg/ha)	6518,3 b

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

cado frecuentemente son más eficientes para incrementar el rendimiento que dosis altas aplicadas menos frecuentemente. Delgado et al. (2002) trabajaron usando surcos ultra estrechos, encontrando que el mejor tratamiento fue la población de 120000 plantas/ha en relación a producción de algodón con hueso. Ramírez-Seañez et al. concluyeron que la mejor densidad que exploraron fue de 110000 plantas/ha.

**Fig. 4.** Rendimiento del cultivo de algodón en las diferentes dosis de estiércol. CAE-FAZ-DEP-UJED (2011).**Fig. 4.** Cotton yields at different doses of cow manure. CAE-FAZ-DEP-UJED (2011).

Para humedad del suelo, los resultados para dosis de fertilización (factor B) reflejaron que el valor de humedad más alto que se registró fue de 34 y 31% en los tratamientos de 80 y 40 t/ha el 25 de mayo, respectivamente. Los valores más bajos

de humedad se presentaron el 3 de junio en los tratamientos 0 t/ha y fertilización química, aunque no existieron diferencias estadísticamente significativas entre fechas ni tratamientos.

En lo referente a calidad de fibra (longitud, finura y resistencia) no existieron diferencias entre tratamientos ni entre los factores A y B.

En lo referente a rendimiento, el tratamiento que obtuvo los resultados más altos fue el tratamiento de 80 t/ha, con 120000 plantas/ha con una producción de 8912 kg/ha de algodón en hueso.

REFERENCIAS

- Bednarz, C.W., R.L. Nichols y S.M. Brown (2006). Plant density modifies within-canopy cotton fiber quality. *Crop Science* 46: 950-956.
- Bednarz, C.W., W.D. Shurley, W.S. Anthony y R.L. Nichols (2005). Yield, Quality, and Profitability of Cotton Produced at Varying Plant Densities. *Agronomy Journal* 97: 235-240.
- Castellanos, J.Z. (1982). La utilización de los estiércoles en la Comarca Lagunera. Ingenieros Agrónomos del Tecnológico de Monterrey (IATEM). pp. 11-19. Torreón, Coahuila, México.
- Castellanos, J.Z., J.J. Márquez-Ortiz, J.D. Etchevers-Barra, A. Aguilar-Santelises y J.R. Salinas (1996). Long-term effect of dairy manure on forage yields and soil properties in an arid irrigated region of Northern Mexico. *Terra (México)* 14: 151-158.
- Delgado, R.E., C. Vázquez V., S. Godoy A., E. Salazar S., J.D. López M., S. Figueroa V. (2002). Rendimiento y calidad de algodón sembrado en surcos ultra estrechos con la variedad NuCOTN 35B, *Agrofaz*. Marzo 2006, pp. 37-41.
- Eghball, B. y J.F. Power (1999). Composted and no-composted manure application to conventional and no-tillage systems: Corn yield and nitrogen uptake. *Agronomy Journal* 91: 819-825.
- Espinoza A.J.J., H. Salinas G., I. Orona C. y M. Palomo (2009). Planeación de la Investigación del INIFAP en la comarca Lagunera en base a la situación de mercado de los principales productos agrícolas de la Región. *Revista Mexicana de Agronegocios* Vol. XIII (24): 758-773. Torreón Coahuila México.
- Frank, J.M.V., D. Hendrik, y J.L. Hendrikus (1992). Competition for ammonium between nitrifying and heterotrophic bacteria in continuously percolated soil columns. *Applied and Environmental Microbiology (USA)* 58: 3303-3311.
- García, E. (1981). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Editorial Offset Larios, S.A. México, D.F.
- Han, X., S. Wang, P.L.M. Veneman, B. Xing (2006). Change of Organic Carbon Content and Its Fractions in Black Soil under Long-Term Application of Chemical Fertilizers and Recycled Organic Manure. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 37: 1127-1137.
- Martínez, H.E., E.J.P. Fuentes y H.E. Acevedo (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition (Chile)* 8: 68-96.
- Martínez, R. de C.E., A.C. Godoy, L.G. García y M.J.R. Díaz (1999). Labranza de conservación: una alternativa para la producción de avena forrajera en la Comarca Lagunera. En: Memorias del X Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario I.T.A. N° 23 Oaxaca, Oax. 1999. p. 47.
- Medrano, R.J.G. (2002). Comportamiento del suelo bajo labranza de conservación en la producción de maíz forrajero. Tesis de maestría SIGA-ITA 10. Torreón. Coahuila, 103 p.
- Mora, G.M., Ch.V. Ordaz, J.Z. Castellanos, S.A. Aguilar, F. Gavi y H.V. Volke (2001). Sistemas de labranza y sus efectos en algunas propiedades físicas en un vertisol, después de cuatro años de manejo. *TERRA* 19: 67-74.
- Olivares, S.E. (1996). Diseños Experimentales con aplicación a la experimentación agrícola y pecuaria. Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., Marín, Nuevo León, México, pp. 183-190.
- Ortiz F.P. y J.P. Amado A. (2003). Tecnología para producir maíz con riego por goteo subterráneo. Folleto Técnico No 18. INIFAP Campo experimental "Sierra de Chihuahua", 27 p.
- Ramírez-Seañez, A.R., J.G. Contreras-Martínez, A. Palomo-Gil, V. de P. Álvarez-Reyna, S.A. Rodríguez-Herrera, M. García-Carrillo (2012). Producción de biomasa de algodón en surcos ultra estrechos y densidad poblacional. *Agronomía Mesoamericana* [en línea] 2012, 23 (Julio-Diciembre): [Fecha de consulta: 3 de septiembre de 2013] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43724664005>> ISSN 1021-7444.
- SAGARPA (2004). Sector Agropecuario. Resumen Económico de la Comarca Lagunera, 2004. Torreón, Coahuila. El Siglo de Torreón. 1 de enero 2005, 96 p.
- SAGARPA (2011). Delegación en la región lagunera, subdelegación de ganadería. Suplemento de Economía, Comarca Lagunera. Publicación anual. (México). 1 de enero de 2012.
- Salazar S., E., M. Fortis H., E. Salazar M., C.L. Muñoz A., M.E. Lara M., C. Vázquez V., H.I. Trejo E. y J.A. Chavarría G. (2011). Comparación entre pilas de solarización y su impacto en el control de microorganismos y protozoarios patógenos. En: Fortis H. M., Salazar S. E., López M: J. D., Preciado R. P., (eds), pp. 221-260. *Agricultura Orgánica: Cuarta parte*. UJED, Durango, Dgo., México 445 p.
- Salazar S., E., H.I. Trejo E., C. Vázquez V. y J.D. López M. (2007). Producción de maíz bajo riego por cintilla, con aplicación de estiércol bovino. *Phyton, International Journal of Experimental Botany* 76: 169-185.
- SAS Institute (2003). SAS/STAT user's guide. Release 9.1 ed. SAS Inst. Cary, NC, USA.
- Smart, J.R. y J.M. Bradford (1996). Conservation tillage for a semi-arid subtropical environment. United States Department of Agriculture Research Service. Weslaco Texas 78596 VI Congreso Internacional de AMIA.