

Producción de maíz forrajero con labranza, fertilización orgánica e inorgánica

Corn forage yield with tillage systems, organic and inorganic fertilization

José Dimas LÓPEZ MARTÍNEZ ✉, Patricia Eugenia MARTÍNEZ PARADA, Cirilo VÁSQUEZ VÁSQUEZ, Enrique SALAZAR SOSA y Rafael ZÚÑIGA TARANGO

Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Postgrado, Apartado Postal 142, CP 35000. Gómez Palacio, Durango, México.
E-mail: jose_dimaslopez@hotmail.com ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 20/10/2009 Fin de arbitraje: 11/09/2010 Revisión recibida: 10/11/2010 Aceptado: 12/11/2010

RESUMEN

El 15% de la superficie mundial de suelo sufre por las actividades del hombre; las causas principales de la degradación del suelo son: producción de ganado, desertificación y excesos por las prácticas mecánicas que provocan compactación. En México poca atención se ha hecho a la conservación del suelo como recurso no renovable. Particularmente la Comarca Lagunera localizada en los estados de Coahuila y Durango es la principal cuenca lechera del país, donde se producen anualmente 900.000 toneladas de estiércol bovino, esta cantidad de estiércol puede ser usado en estudios de fertilidad del suelo y biología. El objetivo fue evaluar el efecto de la labranza de conservación y el uso de estiércol bovino sobre las propiedades físicas del suelo y el rendimiento de maíz forrajero. En el ciclo primavera-verano del 2007 se evaluaron dos niveles de labranza (tradicional y de conservación) y cuatro niveles de fertilización (estiércol bovino a razón de 20, 40 y 60 t ha⁻¹ y 120N-60P-00K), se uso un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticiones. Los resultados muestran diferencias en propiedades físicas. Con respecto a rendimiento de forraje la labranza convencional fue 16% superior a la labranza de conservación.

Palabras clave: Labranza de conservación, prácticas agrícolas, estiércol bovino.

ABSTRACT

Man activities such as livestock production, desertification and excess of cultural mechanic practices have been improved desertification and had affected 15% of the word surface. These activities also, have been increased desertification in México in approximately 64% of its soil surface. The Comarca Lagunera region located among Coahuila and Durango states in México is the main milk cow production but annually 900000 t of cow manure is released. Consequently, this cow manure must be used to improve soil fertility. The main objective was to determine the effect of conservation tillage and cow manure on soil physics properties and corn forage production. In the spring crop cycle of 2007 were evaluated two tillage systems; conventional and conservation and four fertilizer levels; 20, 40 y 60 t ha⁻¹ of cow manure and 120N-60P-00K. The experimental design was a randomized block, with split plot arrangement using four replications. The results show statistical differences in soil physical properties measured. With respect to corn forage yields, the conventional tillage system was 16% higher than conservation tillage one.

Key words: Tillage conservation, agricultural practices, bovine manure.

INTRODUCCION

Se estima que el 15% de la superficie mundial sufre algún tipo de deterioro como consecuencia de las actividades del hombre. Las causas más frecuentes de dicha degradación son el sobrepastoreo, la deforestación y las malas prácticas agrícolas.

Las propiedades físicas del suelo son factores dominantes que determinan la disponibilidad de oxígeno y movimiento de agua en el mismo, condicionando las prácticas agrícolas a utilizarse y la

producción del cultivo. Sin embargo, estas propiedades no escapan de los efectos producidos por los distintos tipos de labranza originándose cambios en el ambiente físico del suelo, con importantes repercusiones en su calidad bioquímica y, por tanto, en su fertilidad (Lal, 1985; Martínez, 1997). La labranza convencional y el mal manejo de los suelos producen modificaciones generalmente desfavorables desde el punto de vista de conservación de algunas propiedades de los suelos, tales como: degradación integral del recurso suelo (Figuroa, 2003; Martínez *et al.*, 1999), incrementando la superficie agrícola con

problemas de erosión y pérdida paulatina de la productividad.

El problema de los suelos dedicados a la producción intensiva con labranza convencional de pasturas perennes ocasiona que con el tiempo se formen capas compactas (Smith *et al.*, 2004), limitando el proceso de aireación, penetración radical, infiltración, capacidad de absorción y retención de agua, movimiento de nutrientes, transferencia de calor, demora en la emergencia de plántulas, desarrollo de plantas de menor altura, hojas con coloraciones no características, aumento en la demanda energética para trabajar ese suelo, disminución en el drenaje y reducción de la disponibilidad de agua y abastecimiento de aire y oxígeno a ser utilizado por las raíces (Pettersson *et al.*, 1994). Lo anterior es un problema común en la Comarca Lagunera en México al ser una de las principales cuencas lecheras del país con más de 500,000 cabezas de ganado bovino y una producción de casi seis millones de litros de leche diarios (Salazar Sosa *et al.*, 2007), lo que obliga a los productores a explotar intensivamente a más de 90.000 ha en la producción de forrajes.

En México se da poca importancia a la conservación del suelo como recurso no renovable; el cual se ve afectado entre otras causas por el uso excesivo de maquinaria agrícola, aproximadamente el 64% del territorio nacional sufre algún grado de deterioro (Hernández, 2000). La labranza excesiva es la causa primaria de muchos problemas de erosión a nivel parcela y la labranza de conservación puede reducir hasta en un 90 % estos problemas (Martínez, 1997; Smart y Bradford, 1996).

El objetivo fue evaluar el efecto de la labranza de conservación y el uso de estiércol bovino sobre algunas propiedades físicas del suelo y el rendimiento de maíz forrajero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se estableció en el campo experimental del SIGA-ITA 10 localizado en el ejido Anna, municipio de Torreón, Coahuila, México en el ciclo agrícola primavera-verano 2007, enclavado en el km 7.5 carretera Torreón-San Pedro, ubicado a 26° 3' N, 104°35' O, a 1110 msnm. Los tratamientos fueron dos niveles de labranza: labranza tradicional (arado + dos pasos de rastra) y labranza de conservación (sólo rastra) y cuatro niveles de fertilización (estiércol

bovino a razón de 40, 60 y 80 t ha⁻¹ y fertilización química 120N-60P-00K), para lo cual se utilizó urea como fuente de N (46-00-00) y fosfato monoamónico como fuente de N y P (11-56-00). La combinación de ambos dió como resultado ocho tratamientos: 1) labranza tradicional + 40 t ha⁻¹ de estiércol bovino (EB); 2) labranza tradicional + 60 t ha⁻¹ EB; 3) labranza tradicional + 80 t ha⁻¹ EB; 4) labranza tradicional + 120N-60P-00K; 5) labranza de conservación + 40 t ha⁻¹ EB; 6) labranza de conservación + 60 t ha⁻¹ EB; 7) labranza de conservación + 80 t ha⁻¹ EB; 8) labranza de conservación + 120N-60P-00K. Las características del estiércol utilizado fueron: 5,39% de MO; 0,86% de N; 1,31% P y 1,15% de K.

La última semana del mes de febrero de 2007 se preparó el suelo del experimento, el cual fue un suelo migajón arcillo-arenoso, para el trabajo de labranza convencional se barbechó el suelo con arado de discos a 35 cm, se rastreó con rastra de discos a 30 cm, se aplicó el estiércol y se le dió rastra cruzada; para el trabajo de labranza de conservación se aplicó el estiércol y se dió sólo un rastreo sencillo con rastra de discos a 30 cm, ambos predios se bordearon con bordeadora de discos, para el riego por gravedad (lamina de riego de 75 cm), las medidas de las parcelas mayores fueron de 8x24 m y las parcelas menores fueron de 4x4 m.

La última semana de marzo 2007, se realizó la siembra en seco del maíz, variedad San Lorenzo con un ciclo agrícola para forraje de 95 días de la siembra a la cosecha.

Variables evaluadas

Humedad del suelo (%), evaluándose antes de cada riego en las siguientes fechas 1 (21 de marzo), 2 (22 abril), 3 (25 mayo) y 4 (18 junio); temperatura del suelo (°C) antes de cada riego de auxilio, resistencia al corte (Newton) (este es el esfuerzo que realiza la maquinaria (arado) para romper la capa de suelo) se realizó a la mitad y al final del experimento. Todas las variables se midieron en el perfil 0-15 cm por ser la capa de suelo más susceptible a los cambios físicos y que afecta el rendimiento de forraje verde (t ha⁻¹). La humedad del suelo se midió por diferencia de peso húmedo y peso seco en la estufa de una muestra obtenida con barrena californiana; la temperatura del suelo se midió directamente con termómetro de penetración, la resistencia al corte se midió con un penetrometro digital con cono de 30°. La cosecha se

realizó el 30 de junio del 2007 cuando el grano alcanzó aproximadamente un tercio de la línea de leche y un 80% de de humedad del forraje, con una parcela útil de 3x2,25 m.

Diseño y análisis estadístico

La distribución de los tratamientos en el campo se llevo a cabo con un diseño en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticiones (Martínez, 1996), se realizó un análisis de medias mediante la Mínima Diferencia Significativa, los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS Institut Inc (1996) a una probabilidad del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No existió diferencia estadística para humedad del suelo (%) en el tipo de labranza en las cuatro fechas de muestreo (Cuadro 1). Para los tratamientos de fertilización existieron diferencias en

todas las fechas de muestreo, en las fechas 21 de marzo, 22 de abril y 18 de junio, la humedad más alta fue para la dosis 40 t ha⁻¹ de EB, con valores de 23,88; 22,21 y 16,19% respectivamente; y para el 25 de mayo, el valor más alto lo obtuvo la dosis de 60 t ha⁻¹ de EB con 18,28%. Estos valores de humedad superaron en 38,4; 40,8; 38,0 y 33,0% a los valores más bajos encontrados en la fertilización química para cada una de las fechas de muestreo respectivamente (Cuadro 1). Lo anterior coincide con Hernández, 2000; Lal, 1985; Luttrell, *et al.*, 1977 y Martínez *et al.*, 1999, quienes indicaron que la labranza de conservación con cobertura reduce la erosión, la evaporación y conserva mas humedad y mencionaron que la presencia de estiércol solo o combinado con algún residuo vegetal aplicado a la superficie del suelo, permite mayor infiltración, además de mejorar la función del control de la perdida de agua y mayor retención de humedad.

Para la variable temperatura no existió diferencia para tipo de labranza en ninguna de las tres

Cuadro 1. Efectos estadísticos y comparación de medias de humedad, temperatura, resistencia al corte y rendimiento en verde de maíz forrajero cv. SIGA-ITA 10 en Torreón, Coahuila, México 2007.

Factores	Muestreos	Humedad del suelo (%)				Temperatura del suelo (°C)		
		21/03	22/04	25/05	18/06	21/03	22/04	25/05
Labranza †								
Labranza tradicional		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Labranza de conservación		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Fertilización ‡								
20 t ha ⁻¹		20,62 b	18,95 b	14,54 bc	14,70 b	30,50 a	NS	NS
40 t ha ⁻¹		23,88 a	22,21 a	16,05 ab	16,19 a	30,00 a	NS	NS
60 t ha ⁻¹		21,67 ab	18,76 b	18,28 a	14,97 b	31,13 a	NS	NS
120N-60P-00K		17,25 c	15,77 c	13,24 c	12,17 c	27,25 b	NS	NS

Factores	Muestreos	Resistencia al corte (Kgf)		Rendimiento de forraje verde (t/ha)
		21/03	18/06	18/06
Labranza				
Labranza tradicional		NS	NS	90,51 a
Labranza de conservación		NS	NS	77,62 b
Fertilización				
20 t ha ⁻¹		50,42 a	62,38 a	NS
40 t ha ⁻¹		43,54 b	55,88 b	NS
60 t ha ⁻¹		42,46 b	56,13 b	NS
120N-60P-00K		36,04 c	60,25 ab	NS

MDS α = 0,05. Letras diferentes indican promedio estadísticamente diferentes.

NS: No existe diferencia significativa.

† Labranza tradicional (arado + dos pasos de rastra) y labranza de conservación (sólo rastra)

‡ Estiércol bovino a razón de 40, 60 y 80 t ha⁻¹ y fertilización química 120N-60P-00K.

fechas de muestreo (Cuadro 1). Para las dosis de EB en la primera fecha de muestreo (21 marzo), el valor más alto correspondió a 60 t ha⁻¹ de EB, el cual superó en un 14,2% al más bajo (fertilización química), los cuales presentaron valores de 31,13 y 27,25 °C respectivamente (Cuadro 1). Los resultados para labranza y fertilización coinciden parcialmente en el descenso de la temperatura del suelo para el 21 de marzo, lo cual reportan Arvidsson (1998), Barzegar *et al.*, (2000) y Beltrán y Cabrera (1995), quienes indicaron que las temperaturas del suelo en labranza de conservación son menores hasta en un grado en relación a las de labranza tradicional.

Para la variable resistencia al corte no se encontró diferencia por efecto de los tratamientos de labranza, mientras que para el efecto de la fertilización, el valor más alto se presenta en 20 t ha⁻¹ de EB en ambas fechas de muestreo, lo cual no coincide con Medrano (2002) quien encontró que los suelos con labranza tradicional aumentan su compactación y resistencia al corte comparado con los suelos con labranza de conservación. Lo anterior coincide con Beltrán y Cabrera (1995) quienes reportaron que las adiciones de material orgánico al suelo con problemas de compactación mejora sus propiedades físico-químicas (retención de humedad, temperatura, compactación, materia orgánica, nitratos), disminuyendo la densidad aparente del mismo. Arvidsson (1998) mencionó que el contenido de materia orgánica tiene una influencia mayor que la distribución de tamaño de partícula en las propiedades físicas del suelo.

En cuanto al rendimiento de forraje, el tratamiento con labranza tradicional fue superior en 16% al de labranza de conservación con valores de 90,5 y 77,6 t ha⁻¹ de forraje verde (Cuadro 1). El promedio regional es de 55 t ha⁻¹ con riego de la presa. Salazar Sosa *et al.*, (2003a,b) encontraron los mejores resultados de producción de maíz en labranza mínima. Cardina *et al.*, (2002) reportaron los mejores rendimientos en labranza de conservación y rotación de cultivos, contrario a lo encontrado en este experimento, tal vez por ser el primer año de estudio

CONCLUSIONES

El mayor contenido de humedad del suelo se encontró con la fertilización de estiércol de bovino en todas las fechas de evaluación, mientras que para la temperatura, esto sucedió sólo en la primera fecha de muestreo. La mayor resistencia al corte ocurrió con la

aplicación de 20 t ha⁻¹ de EB. El mayor rendimiento se presentó con la labranza tradicional, superando en 16% al de labranza de conservación con valores de 90,5 y 77,6 t ha⁻¹ de forraje verde, respectivamente.

LITERATURA CITADA

- Arvidsson, J. 1998. Influence of soil texture and organic matter content on bulk density, air content, compression index and crop yield in field and laboratory compression experiments. *Soil and Tillage Research* 49: 159-170.
- Barzegara, A. R.; M. A, Asoodarb and M. Ansaria. 2000. Effectiveness of sugarcane residue incorporation at different water contents and the Proctor compaction loads in reducing soil compatibility. *Soil & Tillage Research* 57: 167-172.
- Beltrán F, M. J. y F. Cabrera C. 1995. Avance de la rehabilitación de un suelo compactado con el uso de abonos orgánicos en el Valle del Mayo. *Memorias del XXVI Congreso Nacional de la Ciencia de Suelo*. Cd. Victoria, Tamaulipas. p 13.
- Cardina J.; C. P. Herms and D. J. Doohan. 2002. Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. *Weed Science* 50: 448-460.
- Figuerola, V. U. 2003. Uso sustentable del suelo. p. 1-22. *In: Abonos Orgánicos y Plasticultura*. Gómez Palacio Durango México. FAZ UJED. SMCS y COCYTED. 233 p.
- Hernández, R. M. 2000. Efectos de la siembra directa y la labranza convencional en la estabilidad estructural y otras propiedades físicas de ultisoles en el Estado de Guarico, Venezuela. *Agronomía Tropical*. 50 (1): 9-29.
- Lal, R. 1985. Mechanized tillage systems effects on properties of a tropical Alfisol in watershed cropped to maize. *Soil and Tillage Research* 6: 149-161.
- Luttrell, D. H.; C. W. Bockhop and W. G. Lovely. 1977. The effect of tillage operations on soil physical conditions. *Transactions of the ASAE*. 64: 103-107.
- Martínez G., A. 1996. Diseños experimentales: métodos y elementos de teoría. Editorial Trillas. México, D. F.

- Martínez, R. C. E. 1997. Comportamiento de un suelo xerosol haplico ante la acción de los implementos de labranza. Tesis Doctoral. Facultad de Agronomía, Universidad de Nuevo León. Marín, N. L. México.
- Martínez, R. 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. *In: 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 CIGA-ITA 10. Torreón. Coahuila. p. 103
- Patterson, J. C.; J. J. Murray and J. R. Short. 1980. The impact of urban soils on vegetation. Proceedings of the third conference of the Metropolitan Tree Improvement Alliance (METRIA). Held at Rutgers, The State University of New Jersey, June 18-20. *Metria* 3: 33-56.
- Phillips, R. E.; R. L. Blevings, G. W. Thomas, W.W. Frye and H. Phillips. 1980. No-tillage agriculture. *Science* 208: 1108-1113.
- Salazar Sosa, E.; H. I. Trejo, V. C. Vázquez y J. D. López Martínez. 2007. Producción de maíz bajo riego por cintilla con aplicación de estiércol bovino. *Phyton* 76: 169-185.
- Salazar Sosa, E.; A. Beltrán M., M. Fortis E., J. A. Leos R., J. A. Cueto Wong., C. Vázquez V. y J. J. Peña C. 2003a. Mineralización de nitrógeno y producción de maíz forrajero con tres sistemas de labranza. *Terra* 21 (4): 569-575.
- Salazar Sosa, E.; A. Beltrán M., M. Fortis E., J. A. Leos R., J. A. Cueto Wong. y C. Vázquez V. 2003b. Mineralización de nitrógeno y producción de avena forrajera con tres Sistemas de labranza. *Terra* 21: 4: 561-568.
- Smart, J. R. and 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.
- Statistical Analysis System (SAS). 1996. SAS for Windows, Release 6.12 version 4.0.1111. SAS Compus Drive, North Carolina. U.S.A.