

ARTÍCULO ORIGINAL

Uso de energía integrando Sistemas de Labranza y Mejoradores de suelo en zonas semiáridas de México

Energy use integrating Tillage Systems and Soil Amendments in Semiarid Areas of Mexico

Dr. Martin Cadena Zapata^I, Dr. Santos Gabriel Campos Magaña^I, M.C. Genaro Demuner Molina^I,
Dr. Alejandro Zermeño González^I Dr. Armando López Santos^{II}, M.C. Tomás Gaytán Muñiz^I

^I Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Ingeniería, Saltillo, Coahuila México.

^{II} Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango, México.

RESUMEN

Se determinó el uso de energía de tres sistemas de labranza (L1 convencional, L2 vertical y L3 cero) integrando mejoradores orgánicos, para establecer que manejo tiene un efecto en el corto plazo (dos años) en una menor demanda de energía para las labores. Se realizaron mediciones en el ciclo de cultivo 2012 en un experimento iniciado en 2010 bajo arreglo experimental de parcelas divididas con tres sistemas de labranza como parcelas principales, las subparcelas fueron tres mejoradores de suelo (algas, micorrizas y composta) y una testigo sin mejorador, para un total de 12 unidades experimentales repetidas tres veces. Se midió la fuerza requerida en Newton (N) para las labores de cada sistema e implementos con un dinamómetro integrado al levante hidráulico del tractor. Se calculó la energía en Mega Joules (MJ) necesaria para cada área y sistema de laboreo. Los resultados muestran diferencias significativas en las energías medidas entre los sistemas de labranza pero no entre los tratamientos con mejoradores orgánicos. En comparación con L1 y L2, L3 representa una disminución de uso de energía de 87% y 84,5% respectivamente. Estadísticamente no existe diferencia entre la cantidad de energía gastada por la labranza convencional y la labranza vertical sin embargo con esta última se disminuye en 15,6% el uso de energía en relación a la primera. En el corto plazo, la única posibilidad de disminuir la demanda de energía en los sistemas de producción en la zona semiárida es reducir las labores utilizando sistemas de labranza de conservación.

Palabras clave: Manejo integrado de suelo, requerimiento de fuerza en las labores.

ABSTRACT

It was determined the use of energy in three tillage systems (L1 conventional, L2 vertical and L3 zero) integrated with organic soil amendments to look at which management has an effect in the short term (two years) in the reduction of energy demand by tillage. Measurements were carried out during the crop season 2012 in an experiment established since 2010 under a statistical split plot experiment with tillage systems as main plots and amendments (Algae, mycorrhizae and compost) and a check as subplots. There were 12 experimental units replicated three times. The required force in Newton (N) was measured for each implement by means of an integrated dynamometer. The energy in Mega Joules (MJ) was calculated for each area and tillage system. Results show that there are significant differences in energy between tillage systems but not among the treatments with organic amendments. Zero tillage reduced the use of energy in 87% and 84,5% compared to Conventional and Vertical Tillage respectively. There not a statistically difference among conventional and vertical tillage but the later had 15,6% less use of energy. In the short term the only possibility to decrease energy requirement is to reduce tillage passes by using conservation systems.

Keywords: Integrated soil management, draft requirements for implements

INTRODUCCIÓN

La agricultura como actividad sostenible, tiene cada vez mayores retos con los crecientes costos de alimentos y energía, así como otros factores entre ellos: cambio climático, escasez

de agua, degradación de los ecosistemas y las crisis financieras (Friederich y Kassam, 2011). La cuantificación del uso de energía fósil en la agricultura es necesaria para entender y luego plantear cómo reducir el insostenible uso de estos recursos

energéticos limitados y su consecuente aportación a la degradación del medio ambiente (Dalgaard *et al.*, 2001).

El uso directo de energía en agricultura incluye la utilizada en las operaciones de campo que forman parte de los factores del balance de energía utilizada directa e indirectamente para la producción de cultivos (Diepenbrock, 2012). De los consumos directos e indirectos de energía, las operaciones de mecanización representan un 31,8% del total del sistema, solo por debajo del uso de fertilizantes. De la energía gastada por la maquinaria, el 92,7% se debe al consumo de combustible, de este el 54,3% se gasta en las operaciones para el establecimiento del cultivo como son labranza y siembra (Alluvione *et al.*, 2011).

El consumo de combustible llegó a corresponder a 24,14% del total de energía aplicada a un cultivo de trigo de riego y el 45,1% de uno de trigo de temporal (Ghorbani *et al.*, 2011). El uso de nuevas tecnologías como la labranza cero redujo el gasto de energía hasta en 58% comparada con un sistema convencional utilizando un mismo modelo de tractor. (Mileusnic *et al.*, 2010). La agricultura de conservación principalmente el uso de labranza mínima y siembra directa, permite a los sistemas de producción responder a algunos de los retos globales asociados con el cambio climático, la degradación de suelos y los crecientes costos de energía e insumos para la producción (Derspach, *et al.*, 2010).

En el contexto anterior, el uso de un sistema de labranza reducida para establecer los cultivos en primavera, se redujo el consumo de combustible en 47,5 L·ha⁻¹, equivalente a una reducción de 125,4 kg CO₂·ha⁻¹ comparado con los gastos y emisiones del sistema de labranza convencional (Koga *et al.*, 2003).

El uso de mejoradores orgánicos de suelo puede reducir el requerimiento de fuerza para las labores al aumentar su trabajabilidad por su influencia en la mejora de las condiciones físicas (Liang, *et al.*, 2012. Estos beneficios podrían manifestarse en el corto plazo (menos de un año), mediano plazo (menos de 10 años) y en el largo plazo (menos de 100 años), como señalan Martínez-Blanco *et al.* (2013).

Es posible que en el corto plazo, con un manejo de suelo que combine una disminución de labores y aplicación de mejoradores orgánicos resulte en una baja necesidad de fuerza de tiro y por lo tanto de energía para las labores. En este trabajo se plantea cuantificar el uso de energía de tres sistemas de labranza (convencional, vertical y cero) en conjunto con mejoradores orgánicos de suelo con el fin de determinar, cual tratamiento tiene un efecto en el corto plazo en una menor demanda de energía para las labores.

MÉTODOS

La cuantificación de la energía utilizada por los sistemas de labranza se realizó en el Campo Experimental el Bajío de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizado a: 25°23'42" N y 100°59'57" O a una altitud de 1 743 msnm. La temperatura, precipitación y evaporación media anual son de 16,9°C, 435 mm y 1956 mm respectivamente. El suelo es franco-arcilloso con 2,5% de materia orgánica.

Las mediciones de fuerza en las labores para el cálculo de energía se realizaron en el ciclo de verano del año 2012, en un experimento iniciado desde 2010 en el que se establece maíz y frijol en verano y avena en invierno. El experimento está bajo un arreglo de parcelas divididas en el que las parcelas grandes son tres sistemas de labranza (L1 convencional con arado y rastra de discos, L2 vertical con arado de cinceles y rastra de disco y L3 cero labranza, siembra directa) las subparcelas son tres mejoradores de suelo (algaenzimas, micorrizas y composta) y un testigo sin mejorador. Con lo anterior se tienen 12 unidades experimentales de 3 m x 40 m cada una las cuales se repitieron tres veces.

Para la medición de la magnitud de la fuerza de tiro y otras fuerzas de reacción del suelo a la labranza se empleó uno dinamómetro integral de anillos octagonales con capacidad de 80 kN con constante de calibración de 42,6 N por mV (Figura 1).



FIGURA 1. Conjunto de dinamómetro integral y sistema de adquisición de datos acoplados al tractor.

Para determinar la fuerza de reacción del suelo se empleó un convertidor analógico digital Daq Book 200 marca IOtech con una velocidad de muestreo de 1000 Hz y dos acondicionadores de señal DBK-16 y DBK-43A con dos y ocho canales respectiva-

mente, ambos marca IOtech con una ganancia de 100 a 12 500 micro deformaciones. Como fuente de potencia se utilizó un tractor de tracción sencilla marca John Deere, modelo 6403, con potencia al motor de 83 kW, el tractor fue acondicionado con una doble cabina para la instalación de los equipos e instrumentos de medición y adquisición de datos. Se midió ancho de trabajo y la distancia efectiva recorrida en metros (m) con lo anterior se puede calcular la energía efectiva en Joules (J) necesaria para cada implemento y sistema de laboreo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que existen diferencias estadísticamente significativas en la energía utilizada entre los sistemas de labranza pero no entre las utilizada en los tratamientos de con mejoradores orgánicos de suelo (Tabla 1)

TABLA 1. Análisis de varianza para el arreglo experimental con diferentes tratamientos de labranza y mejoradores

	F-valor	Pr(>F)
Labranzas	122,50	3,69e ⁻¹⁵ ***
Mejoradores	0,56	0,65

*** Diferencia estadística altamente significativa

En la Figura 2 se puede observar que la diferencia significativa (p=0,05) corresponde a la labranza cero (siembra directa) con las labranzas convencional y vertical. En comparación con estas últimas, representa una disminución de uso de energía de 87% y 84,5% respectivamente. Estadísticamente no existe diferencia entre la cantidad de energía gastada por la labranza convencional y la labranza vertical sin embargo con esta última se disminuye en 15,6% el uso de energía en relación a la primera.

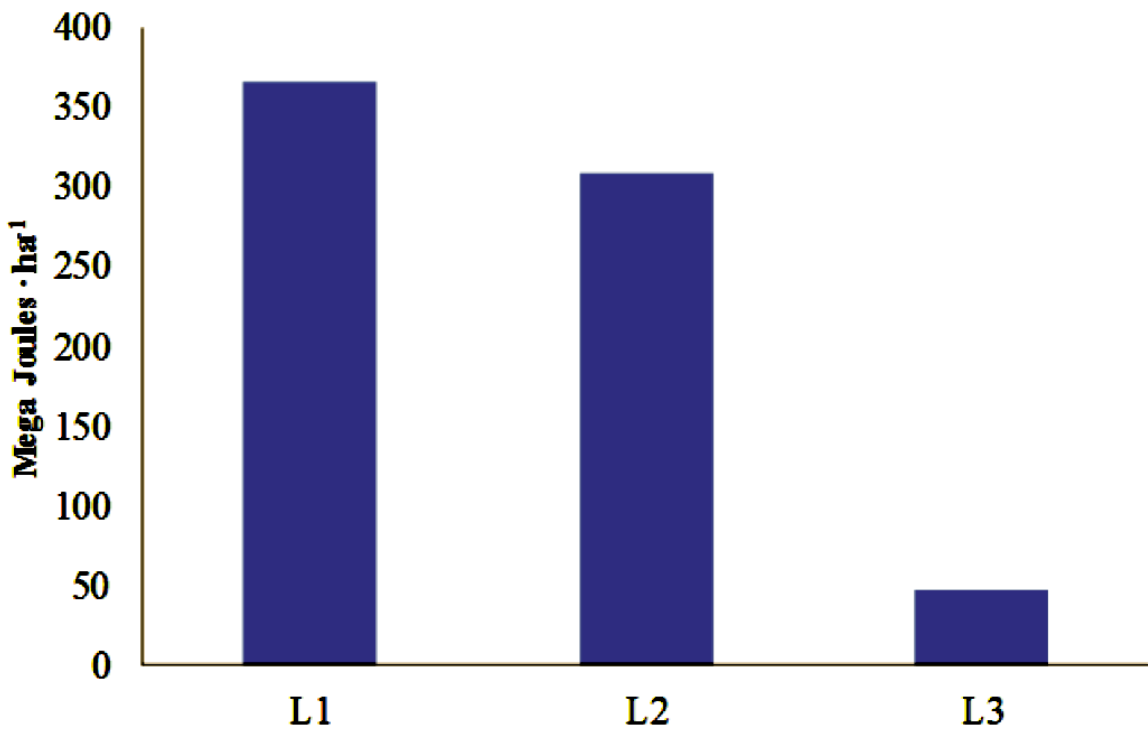


FIGURA 2. Energía utilizada para cada sistema de labranza.

En los sistemas de producción de temporal de zonas áridas, un uso mínimo de insumos como prescindir de fertilizantes químicos y un mínimo de labores como son los sistemas de labranza de conservación da mejores resultados en un balance de energía puesto que un mayor uso de insumos y energía en labores convencionales, no resulta en mejores rendimientos y si, en excesivos costos (Moreno *et al.*, 2011).

En la Tabla 2 se muestra los resultados del análisis de los tratamientos con mejoradores de suelo, no existe después de dos ciclos diferencias significativas en el gasto de energía al realizar la labranza.

TABLA 2. Energía utilizada para la labranza en los tratamientos con mejoradores de suelo

Grupos	Tratamientos	Medias (MJ · ha ⁻¹)
a	M3 (Algaenzimas)	262,57
a	M2 (Composta)	242,77
a	M1 (Micorriza)	234,54
a	M0 (Testigo)	222,94

Grupos con letras iguales no son estadísticamente diferentes: p=0,05

La mejora de la estructura del suelo con mejoradores orgánicos generalmente se da en el largo plazo, en otros trabajos sobre este tópico, McLaughlin, *et al.* (2002), afirman que después de haber aplicado estiércol como mejorador de suelo, se obtuvo una reducción de entre 27% a 38% en la necesidad de fuerza de tiro para la labranza en el largo plazo (ocho años). Por otra parte Celik *et al.* (2010), señalan haber obtenido disminuciones estadísticamente significativas de densidad y resistencia a la penetración en un suelo después de 12 años de tratarlo con composta y micorrizas. Sin embargo, Liang *et al.* (2012), muestran haber obtenido reducciones significativas de requerimientos de tiro en dos y tres años de aplicación de estiércol al suelo comparado con un tratamiento testigo sin

agregar estiércol. CONCLUSIONES

- El uso de mejoradores orgánicos en el corto plazo (dos años) no tuvo diferencia significativa en la energía requerida por las labores comparado con un tratamiento testigo sin mejorador.
- En el corto plazo, la única posibilidad de disminuir la demanda de energía en los sistemas de producción en las zonas semiáridas de México es reducir el número de labores utilizando sistemas de labranza de conservación, como es cero labranza y labranza vertical.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLUVIONE, F., B. MORETTI, D. SACCO & D. C. GRIGNANI: "EUE (energy use efficiency) of cropping systems for a sustainable agriculture" *Energy*, 36: 4468-4481, 2011.
2. CELIK, I., H. GUNAL, M. BUDAK & C. AKPINAR: "Effects of long-term organic and mineral fertilizers on bulk density and penetration resistance in semi-arid Mediterranean soil conditions", *Geoderma*, 160: 236-243, 2010.
3. DIEPENBROCK, W.: "Energy balance in crop production", *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2(5B): 527-533, 2012.
4. GHORBANI, R., F. MONDANI, S. AMIRMORADI, H. FEIZI, S. KHORRAMDEL, M. TEIMOURI, S. SANJANI, S. ANVARKHAH & H. AGHEL: "A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems", *Applied Energy*, 88: 283-288, 2011.
5. FRIEDRICH T. & A. KASSAM: *Conservation agriculture: Concepts, worldwide experience, and lessons for success of CA-based systems in the semiarid Mediterranean environments*. In: Bouzerzour H., Irekti H., Vadon B. (eds.). 4. Rencontres Méditerranéens du Semis Direct. Zaragoza: CIHEAM/ATU-PAM/INRAA/ITGC/FERT, 2011. p. 11 -51 (*Options Méditerranéens: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 96*), Spain, 2011.
6. DERPSCH, R., T. FRIEDRICH, A. KASSAM & L. HONGWEN: "Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits", *Int J Agric & Biol Eng*, 3(1): 1-25, 2010.
7. DALGAARD, T., N. HALBERG & J. R. PORTER: "A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 87: 51-65, 2001.
8. KOGA, N., H. TSURUTA, H. TSUJI & H. NAKANO: "Fuel consumption-derived CO₂ emissions under conventional and reduced tillage cropping systems in northern Japan", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 99: 213-219, 2003.
9. LIANG, A., N. B. MCLAUGHLIN, B. L. MA, E. G. GREGORICH, M. J. MORRISON, S. D. BURTT, B. SCOTT-PATTERSON, & L. I. EVENSON: "Changes in mouldboard plough draught and tractor fuel consumption on continuous corn after 18 years of organic and inorganic N amendments", *Energy*, 52: 89-95, 2012.
10. MARTÍNEZ-BLANCO, J., C. LAZCANO, A. BOLDRIN, P. MUÑOZ, J. RIERADEVALL, J. MØLLER, A. ASSUMPCIÓ & T. H. CHRISTENSEN: "Assessing the Environmental Benefits of Compost Use-on-Land through an LCA Perspective" *Sustainable Agriculture Reviews*, 12: 255-318, 2013.
11. MCLAUGHLIN, N. B., E. G. GREGORICH, L. M. DWYER and B. L. MA: "Effect of organic and inorganic soil nitrogen amendments on mouldboard plow draft", *Soil and Tillage Research*, 64(3), 211-219, 2002.
12. MILEUSNIC Z.I., D.V. PETROVIC & M.S. DEVIC. "Comparison of tillage systems according to fuel consumption", *Energy*, 35: 221-228, 2010.
13. MORENO, M., C. LACASTA, R. MECO & C. MORENO: "Rainfed crop energy balance of different farming systems and crop rotations in a semi-arid environment: Results of a long-term trial", *Soil & Tillage Research*, 114: 18-27, 2011.

Recibido: 31 de julio de 2013.

Aprobado: 10 de septiembre de 2013.

Martin Cadena Zapata, Profesor, Investigador, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Ingeniería, Calzada A. Narro 1923, Saltillo, Coahuila, CP: 25315, México, Correo electrónico: martincadenaz@gmail.com

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.