



AGRICULTURA CONSERVACIONISTA CONSERVATION AGRICULTURE

Reducción del costo energético utilizando labranza cero en el cultivo del fríjol

Reducing the energy cost using no tillage in the bean cultivation

Pedro Paneque Rondón¹, Pedro León Noguera² y Nosleidys González Oliva³

RESUMEN. Como parte de las investigaciones que se realizan en la Universidad Agraria de La Habana (UNAH), en el Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), dirigidas al desarrollo de la **Agricultura de Conservación**, el objetivo del presente trabajo fue determinar el costo energético de las principales operaciones agrícolas mecanizadas, manual y con tracción animal, en dos sistemas de preparación de suelo, cuantificar su posible ahorro utilizando el sistema de labranza cero, en relación con el sistema convencional, partiendo de la hipótesis de que es posible economizar energía usando dicho sistema. El trabajo fue desarrollado en las áreas docentes de la Universidad Agraria de La Habana (UNAH), La Habana, Cuba, donde está localizado el polígono de la Facultad de Agronomía, fueron utilizados diseños experimentales en bloques al azar para determinar el costo energético y los indicadores agrotécnicos del cultivo del fríjol a diferentes profundidades de preparación de suelo. Los resultados de la investigación permitieron llegar a las siguientes conclusiones: la cero labranza tiene un costo energético de solo 58,11 % del costo del sistema convencional, siendo posible ahorrar 1 731,82 MJ · ha⁻¹, equivalentes a 36,23 litros de combustible diesel, por cada hectárea trabajada, no mostrándose diferencias significativas en los tratamientos a distintas profundidades de labranza.

Palabras clave: insumo, combustible, labranza cero, conservacionista.

ABSTRACT. As part of the researches that is carried out in the Havana Agrarian University (UNAH), in the Agricultural Mechanization Center (CEMA), directed to the Conservation Agriculture development., the objective of the present work was to determine the energy cost of the main, mechanized, hand and animal traction agricultural operations in two soil preparation systems, to quantify its possible saving using the no tillage system, with relationship to the conventional system, leaving of the hypothesis that it is possible to economize energy using this system. The work was developed in the educational areas at the UNAH, Havana, Cuba, where the Agronomy Faculty Polygon is located, experimental designs were used at random in blocks to determine the energy cost and the agricultural indicative of the bean cultivation to different depths of soil preparation. The results of the research allowed to reach the following conclusions: the no tillage system has an energy cost of only 58,11% of the cost of the conventional system being possible to save 1 731,82 MJ · ha⁻¹, equivalent to 36,23 liters of diesel fuel, for each worked hectare, not showing differs significant in the treatments to different depths of soil preparation.

Key words: input, fuel, no till, conservation.

INTRODUCCIÓN

Los restos del fríjol común (*Phaseolus vulgaris*. L), son uno de los más antiguos hallazgos arqueológicos en América Latina, se reporta que esta planta existió 5000 años

antes de nuestra era. Desde el punto de vista botánico esta especie es el prototipo del género *Phaseolus*, las plantas son herbáceas cultivadas desde el trópico hasta las zonas templadas. En América Latina y el Caribe el fríjol común se cultiva por agricultores de bajo poder económi-

Recibido 19/05/04, trabajo 7/05, investigación.

Parte del proyecto 20.34, financiado por el Ministerio de la Agricultura de Cuba.

¹ Dr., Prof. e Inv. Titular, Universidad Agraria de La Habana-CEMA, La Habana. CP: 32700.

E-✉: udcema@infomed.sld.cu.

² M.Sc. Prof. Asistente, la Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Agronomía.

³ Ing., Egresada de la Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Mecanización.

co, por eso su rendimiento promedio es de 0,6 toneladas por hectárea.

En Cuba, este grano forma parte de la dieta alimentaria, tanto por su valor nutritivo como por la cultura de consumo en almuerzo y cena. El frijol se cultiva en todos los agro-ecosistemas con rendimientos promedios de 0,7 toneladas por hectáreas. (IIHLD, 2001)

El principio básico de la labranza cero es la de menor intervención en el suelo, manteniéndolo lo más protegido posible a lo largo del año. La amplitud de este concepto implica la rotación de cultivos o la intercalación de los mismos en áreas de cultivos perennes, con sus complementos para el reciclaje de nutrientes y la formación de paja, abandonando las prácticas de aradura, gradaje y el deshierbe mecánico, las semillas o plantas del vivero se plantan y abonan, con el mínimo posible de interferencias en ese suelo y en la paja de cobertura, protegiéndola a lo largo de todo el año. Aquí se constatan las ventajas de los avances de este concepto para todas las actividades relacionadas con la explotación agropecuaria, en cultivos temporales o perennes, especialmente para las condiciones subtropicales y tropicales donde el movimiento y manejo de los suelos guardan estrechas correlaciones con los procesos de degradación de estos. Stout, B. (1990), FAO / INTA, (1992).

La evaluación energética es un proceso de análisis que consiste en la identificación y medida de las cantidades de energía secuestrada, asociada a los productos y equipos que intervienen en la producción de un determinado bien; los procesos estudian la energía requerida para conseguir un producto final. Cada uno de ellos presenta una serie de exigencias, siendo la energía total la suma de los parciales de cada proceso.

Varias investigaciones han establecido que el costo energético por concepto de combustible y máquinas, representa un alto porcentaje del costo energético total de producción en la agricultura empresarial (FAO, 1990). Es así como Fluck y Baird (1980) calcularon que un tractor del tipo 75 kW tiene un costo energético aproximado de $1\,060\text{ MJ} \cdot \text{h}^{-1}$ del cual el 77 % corresponde a combustible. Esta situación es vital para Cuba que importa actualmente casi el 100 % de los combustibles para los vehículos que utiliza. (Paneque *et al.*, 2002a).

Por lo anteriormente señalado, se desarrolló esta investigación cuyo objetivo fundamental fue el estudio del costo energético de las principales operaciones agrícolas en dos sistemas de labranza y siembra para frijol, cuantificar su posible ahorro utilizando el sistema de labranza cero, en relación con el sistema convencional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Generalidades

Los experimentos fueron realizados entre los años 2002 al 2004, en las áreas pertenecientes a la Facultad de Agronomía de la Universidad Agraria de La Habana (UNAH), situada en el municipio de San José de Las Lajas, La Habana,

Cuba; donde el suelo predominante es un suelo ferralítico rojo típico (Frometa, 1992). A una altura sobre el nivel del mar de 78 metros. Se montaron experimentos que corresponden con los diseños experimentales en bloques al azar.

Caracterización de las parcelas y el diseño experimental

Fue caracterizada el área experimental, definiendo las coordenadas geográficas, clima predominante, temperatura media anual, precipitación promedio, etcétera.

En esta área se montaron dos experimentos los cuales fueron:

- Desarrollo del diseño experimental en bloque al azar, donde se estudiaron dos tratamientos (Sistema de Labranza Convencional y Sistema de Labranza Cero) con 10 repeticiones.
- Desarrollo del diseño experimental en bloque al azar, donde se estudiaron cuatro tratamientos con el cultivo del frijol, bajo siembra directa (a diferentes profundidades de labranza de 0 a 10 cm, de 10 a 20 cm, de 20 a 30 y sin profundidad) con cuatro repeticiones.

Para el análisis de varianza y otros estadígrafos se tuvo en cuenta la metodología de los experimentos, utilizando el paquete estadístico STATGRAPHICS. Plus for Windows Version 4.1 9/20/99 (STATGRAPHICS V. 4.1, 1999).

Fue utilizada como fuente energética en las pruebas experimentales un tractor MTZ-82 clase 14 kN con potencia máxima de 60 kW (82 cv) en el motor a 2 200 rpm, y masa de 3 410 kg.

Los implementos y máquinas utilizados en la conducción del experimento fueron los siguientes:

- Arado ADI-3 con tres discos de borde liso de 28" x 3/16" y 540 kg de masa
- Grada de discos, 690 kg de masa, 18 discos de bordes en el frente y 18 de bordes lisos en la parte trasera.
- Cultivador mecánico de 356 kg de masa.
- Pulverizador de mochila de accionamiento manual.
- Arado surcador de tracción animal.
- Azada manual (guataca).

Otros equipos e instrumentos

Cronómetro, lienza, computadora, impresora, escáner, calculadora de bolsillo, medidor de combustible (flujómetro), balanza analítica de precisión y marco de cabilla de acero.

Los sistemas fueron los siguientes:

- Sistema de Labranza Convencional: (SLC).
- Sistema de Labranza Cero: (SLO).

Costo energético

Se utilizó la metodología para establecer el costo energético de ejecución de la operación propuesta por Bridges y Smith (1979) presentada por Hetz y Barrios (1997) y apoyada por los antecedentes presentados por ASAE (1993),

Doering (1980) y Paneque, *et al.* (2002b) Esta metodología determina el costo energético en $\text{MJ} \cdot \text{h}^{-1}$, adicionando la energía secuestrada en los materiales de construcción, además la fabricación y transporte, combustible, lubricantes / filtros, reparaciones / mantenimiento, y la mano de obra necesaria para operar los equipos.

Indicadores económicos

Se obtuvieron sobre la base del cálculo económico, donde se presentan: costo total de producción, rendimiento del cultivo del frijol, ingreso bruto y líquido, remuneración de mano de obra y la demanda de mano de obra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Indicadores energéticos

Consumo de combustible

De acuerdo con la prueba Tukey al nivel 5 % de probabilidad, se tiene que los consumos de combustibles de los sistemas de labranza difieren estadísticamente unos de otros, el Sistema de Labranza Cero no consumió combustible, mientras que la Labranza Convencional consumió $39,02 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Costo energético

En los análisis de varianza del comportamiento del costo energético, principal objetivo de este trabajo, de acuerdo con la prueba F, se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos de los dos sistemas de labranza y ($P < 0,0001$). El coeficiente de variación fue 0,98 %, indicando una óptima precisión experimental.

Las comparaciones entre las medias se muestran en el gráfico de la Figura 1.

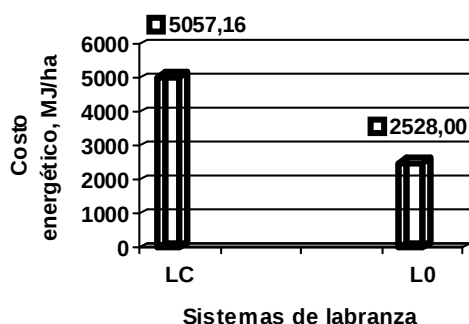


Figura 1. Valores medios del costo energético ($\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$) de los sistemas de labranza convencional y labranza cero.

De acuerdo con la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad, se aprecia que los costos energéticos de los sistemas difieren estadísticamente uno del otro, en la Tabla 1 se presentan los costos energéticos de los dos sistemas de labranza analizados. Es posible ver en la misma que los costos medios llegan a $4\,134,46$ y $2\,402,64 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ para la labranza

convencional y labranza cero respectivamente. La fila correspondiente al porcentaje indica que la labranza cero tiene un costo energético de solo un 58,11 % del costo del sistema convencional, siendo posible ahorrar $1\,731,82 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ equivalentes a 36,23 litros de combustible diesel por cada hectárea trabajada.

Tabla 1. Costo energético ($\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$) de dos sistemas de labranza

Operaciones	SLC	SLO
Aradura con discos	1 240,00	-
Cruce con arado	1 122,00	-
Pase de grada	552,88	-
Cultivador mecánico	676,58	-
Pulverización + $4 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ con glifosato	-	1 823,54
Surcado con tracción animal	288,00	328,10
Siembra manual	255,00	255,00
Total	4 134,46	2 402,64
Porcentaje del total	100	58,11

Resultados de la investigación experimental del cultivo del frijol a diferentes profundidades de labranza

En el análisis de la varianza del rendimiento, número de granos por vaina, número de vainas por planta y maleza, en el cultivo del frijol, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos al nivel de 5 % de probabilidad ($P < 0,0001$), por lo que no fue necesario hacer la comparación de las medias de los mismos por la prueba Tukey, al nivel de 5 % de probabilidad. No siendo así en el comportamiento del número de vainas por planta para el segundo año, en el que según la prueba F hubo diferencias significativas.

De acuerdo con los análisis desarrollados en el segundo año del experimento, el número de vainas por plantas difiere estadísticamente siendo el tratamiento T_1 , sin profundidad de labranza, el de mayor número de vainas por plantas (2,66), seguidamente, los tratamientos T_2 (20 cm), T_3 (30 cm) y T_4 (40 cm) con 2,33; 2,41 y 2,18 respectivamente.

Análisis económicos de los resultados

En la Tabla 2 se muestran los resultados económicos obtenidos, donde se presentan: costo total de producción, rendimiento del frijol, ingreso bruto y líquido, y la demanda de mano de obra.

Como se aprecia en la Tabla 2 la utilización de la labranza cero conlleva a una reducción del costo total en 7,24 %, se aumentan el rendimiento, el ingreso bruto, ingreso líquido y remuneración en 7,4; 7,4; 106,45 y 20,14 % respectivamente y la mano de obra disminuye en 23,24 %, resultando evidentemente superior la labranza cero a la labranza convencional en el experimento del cultivo de frijol evaluado.

Tabla 2. Resultados económicos

Indicador	Labranza cero (L0)	Labranza convencional (LC)	Aumento o reducción de la L0 vs. LC, %
Costo total, (USD/ha)	370,12	398,43	7,24
Rendimiento, (t/ha)	1,45	1,35	7,4
Ingreso bruto, (USD/ha)	490,77	456,92	7,4
Ingreso líquido, (USD/ha)	120,65	58,44	106,45
Remuneración de mano de obra, (USD/ha)	1,68	1,40	20,14
Demanda de mano de obra, (hombre-hora/ha)	11,29	14,71	23,24

CONCLUSIONES

- El costo energético del sistema de labranza cero es notablemente menor que el de la labranza convencional, teniendo en el experimento un costo energético de solo 5,11 % del costo del sistema de la labranza convencional, siendo posible ahorrar 1 731,82 MJ · ha⁻¹, lo que equivale a 36,23 litros de combustible diesel por cada hectárea trabajada.
- El sistema de labranza cero no consumió combustible, mientras que en el sistema de labranza convencional consumió 39,02 litros por cada hectárea trabajada.
- El número de vainas por plantas, en el segundo año del experimento, presentó diferencias significativas siendo los valores de sus medias 2,66, 2,33, 2,41 y 2,18 para las profundidades de labranza 0 cm, 10 cm, 20 cm y 30 cm respectivamente.
- Para el rendimiento del frijol y número de granos por vaina, no existió diferencia significativa en las distintas profundidades de labranza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS- (ASAE): **Agricultural Engineers Yearbook**, Arg. Mach. Mgt. Data: EP391 and D230.3. USA, St. Joseph, 1993.
- BRIDGES, T. and E. SMITH: "A method for determining the total energy input for agricultural practices," *Transactions of the ASAE*, vol.22, no.4, pp. 781-784, USA, 1979.
- DOERING, O.: "Accounting for energy in farm machinery and buildings," In: *Handbook of energy utilization in agriculture*. pp. 9-14 **CRC Press**, USA, 1980.
- FAO: "Energy consumption and input output relation in field operations", *CNRE Study* no. 3, Rome, Italy. 1990.
- FAO / INTA: "Manual de sistemas de labranza para América Latina," *Boletín de Suelos de la FAO*, no. 66, 193pp., Roma, Italia.1992
- FLUCK, R. and D. BAIRD: *Agricultural energetics*, 192pp. Avi, Westport, USA.1980.
- FRÓMETA, E.: *Estudio sobre la clasificación de los suelos de la UNAH*, Trabajo para publicar, 1990.
- HETZ, E. y A. BARRIOS: "Reducción del costo energético de labranza /siembra utilizando sistemas conservacionista en Chile," *Agro-Ciencia*, vol.13, no.1, pp. 41-47, Chillán, Chile, 1997.
- IHLID: "Guía técnica para el cultivo del frijol en Cuba," *Boletín del proyecto CUB /98/003,CUB / 98 / L03*, 37 pp., Editora Liliana, La Habana, 2001.
- PANEQUE, P, H. C. FERNÁNDEZ, A. D. DE OLIVEIRA: "Comparación de cuatro sistemas de labranza / siembra con relación a su costo energético," *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* vol.11, no.2, La Habana, Cuba. 2002a.
- _____: "Reducción del consumo de combustible de labranza / siembra utilizando sistemas conservacionistas," *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol.11, no.1, La Habana, Cuba. 2002b.
- STATGRAPHICS: *Plus for Windows Version 4.1 9/20/99*, Centro de procesos de datos de la Universidad Politécnica de Valencia, España, 1999.
- STOUT, B. *Handbook of energy for world agriculture*, Elsevier, Amsterdam, 504 pp., 1990.

Copyright of *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* is the property of Centro de Mecanización Agropecuaria and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.