

Original
**EFFECTO DE DOS SISTEMAS DE LABRANZA MÍNIMA SOBRE LA POROSIDAD DE UN
FLUVISOL PARA CULTIVO DEL FRIJOL (*PHASEOLUS VULGARIS L.*)**

Effect of two minimized farming systems on porosity of a *Fluvisol* for the cultivation of bean (*Phaseolus vulgaris L.*)

Dr. C. Yosvel Enrique Olivet-Rodríguez, Universidad de Granma, yolivetr@udg.co.cu, Cuba

Lic. Daimara Cobas-Hernández, Universidad de Granma, yolivetr@udg.co.cu, Cuba

Recibido: 06/05/2017- Aceptado: 02/06/2017

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la UBPC Antonio Maceo Grajales (El Palmar), ubicada en la Empresa Agropecuaria Paquito Rosales Benítez, provincia de Granma, Cuba. El mismo se llevó a cabo con el objetivo de valorar el efecto de dos sistemas de labranza mínima en un *Fluvisol* para el cultivo de frijol, teniendo en cuenta el comportamiento de la humedad y la porosidad del suelo y el rendimiento agrícola del cultivo. Los tratamientos de estudio fueron: T1, labranza mínima; T2, labranza reducida. T1 consistió en la rotura del suelo con multiarado, seguido de un pase de grada de discos. T2 se considera una variante del anterior, pero se dan dos pases de grada de discos en forma perpendicular. El sistema de labranza mínima T1 obtuvo el mejor comportamiento, manteniendo una mejor conservación del suelo en el perfil de 0–30 cm de profundidad. Antes de finalizar el cultivo, se obtiene el mayor contenido de porosidad media del suelo, la más alta: 52,72 %. T1 facilitó una mejor penetración de las raíces y desarrollo del cultivo, alcanzando un rendimiento agrícola de 1,00 t ha⁻¹, 30 % superior al rendimiento obtenido por T2.

Palabras clave: conservación del suelo, rendimiento agrícola.

ABSTRACT

The present work was carried out in the UBPC Antonio Maceo Grajales (El Palmar), located in the Agricultural and Livestock Company Paquito Rosales in the province of Granma, Cuba. It was carried out with the objective of evaluating the effect of two minimized farming systems on a *Fluvisol* for the cultivation of beans, taking into account the behavior of humidity and porosity of the soil and agricultural yields of the cultivation. The treatments of study were: T1 for minimized

farming and T2 for reduced farming. T1 consisted of the plowing of the soil with multi-plowing device followed by one pass of disc harrow. T2 is considered a variant of the previous treatment followed by two perpendicular passes of disc harrow. As results T1 obtained the best behavior in maintaining a better conservation of the soil in the profile of 0-30 cm depth. Before the cultivation was finished the highest humidity highest average porosity of the soil: 52,72 % were obtained. T1 facilitated better root penetration and cultivation development, reaching an agricultural yield of 1,00 t ha⁻¹, 30 % higher than the one obtained by T2.

Key words: soil conservation, porosity, agricultural yield.

INTRODUCCIÓN

La preparación ideal del suelo, es cuando se obtienen agregados de tamaño medio o grande sobre la superficie (Olivet *et al.*, 2014), estos permiten elevar la resistencia a la erosión, garantizan la presencia de grandes espacios porosos que posibilitan la infiltración de grandes volúmenes de agua sin peligro de encharcamiento (Balesdent *et al.*, 2000). Por ello, es preferible no pulverizar el suelo para evitar la descomposición del humus y no alterar demasiado su estructura, ya que se evita la rápida compactación y la pérdida del efecto del laboreo, como consecuencia de un incremento del valor de su densidad aparente.

Lo descrito anteriormente impide la formación de costra en la superficie del terreno y la presencia de horizontes endurecidos por asentamiento (Guérif *et al.*, 2001; Henríquez *et al.*, 2011). Ocurrió todo lo contrario cuando se dejan agregados muy pequeños por efecto de un uso intensivo de la maquinaria, lo que provoca un deterioro considerable de la estructura del suelo y un incremento de la compactación, así como una reducción del contenido de oxígeno, del volumen de macroporos y de la estabilidad de los mismos (Barzegar *et al.*, 2000; Guérif, 2001; Dam *et al.*, 2005).

En el suelo encontramos varios tamaños de poros y cada uno tiene una función específica. Los poros grandes y medianos que facilitan la aeración y la infiltración, así como la circulación del aire y el agua, y los microporos que retienen el agua en contra de la acción de la gravedad (Jaurixje *et al.*, 2013).

La proporción de los poros grandes y pequeños en el suelo permite establecer un equilibrio aire-agua, Los poros garantizan el desarrollo del cultivo, la absorción de nutrientes por las raíces y aumentan la actividad biológica del suelo (Gil, 2009). Según Hernanz *et al.* (2009), la porosidad se ve afectada por los sistemas de labranza que impone el hombre, donde en

muchos de los casos se pulveriza excesivamente el suelo, trayendo consigo la compactación del mismo y un aumento de su densidad.

Esta última llega a alcanzar valores críticos que impiden la penetración de las raíces en el suelo y este hecho se traduce, en el rendimiento agrícola del cultivo. La compactación (Rivas *et al.*, 2004) conduce a una disminución del volumen de poros del suelo y afecta en mayor o menor medida al desarrollo del cultivo, ya que se reduce la circulación de oxígeno, agua, nutrientes y solutos, y, al mismo tiempo, aumentan de valor las propiedades mecánicas de resistencia a la penetración y resistencia a la rotura las cuales inciden en las futuras operaciones de cultivo. Parra y Hernánz (2010), afirman que la labranza reducida favorece el mantenimiento de la continuidad de los macroporos.

La labranza afecta de forma directa a la distribución del tamaño de los poros y a la circulación de nutrientes, y de forma indirecta a la producción agrícola de los cultivos, a la disponibilidad de agua y a la capacidad de conservar el suelo cuando se encuentra sometido a procesos erosivos. Las condiciones físicas del suelo son óptimas cuando encontramos un espacio poroso del 50 % (Mrabet, 2002; Olivet *et al.*, 2014).

El uso sistemático de los arados y las gradas de discos provoca un rápido deterioro de las propiedades físicas del suelo, dejándolo sin cobertura vegetal por largos períodos de tiempo, quedando muy vulnerable a la acción erosiva de algunos factores naturales como son las lluvias y el viento (Lozano *et al.*, 2010; Bravo y Andreu, 2011).

La compactación del suelo generalmente se inicia con un aumento de la densidad del suelo. Los niveles de materia orgánica, contenido de humedad y actividad biológica se reducen (Cabria y Culot, 2000; Da Silva *et al.*, 2003; Franzluebbbers y Stuedemann, 2008), provocando efectos desfavorables en la estructura del suelo y en las funciones de los poros para retener y transmitir cantidades de agua necesaria que permita el desarrollo radicular de las plantas (Blanco *et al.*, 2004; Rivero *et al.*, 2011; Jaurixje *et al.*, 2013).

Todo esto trae consigo una disminución de los rendimientos de los cultivos como consecuencia del escaso desarrollo y crecimiento de las plantas (Franzluebbbers (2002); Botta *et al.*, 2006; Jaurixje *et al.*, 2013). Sin embargo, la adopción de estos sistemas de laboreo para el cultivo del frijol no ha merecido la debida atención por parte de los productores, pues siguen aferrándose a los sistemas tradicionales de producción. El objetivo de este trabajo es valorar el efecto de dos sistemas de labranza mínima sobre la humedad gravimétrica y porosidad un *Fluvisol* para el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*).

Materiales y métodos

Descripción del lugar de ensayo y tratamientos

La investigación se desarrolló en la UBPC Antonio Maceo Grajales, perteneciente a la Empresa Agropecuaria “Paquito Rosales Benítez”, del municipio de Yara de la provincia de Granma, Cuba (latitud 20°19' Norte; longitud 76°47' Oeste), sobre un *Fluvisol*, según la nueva clasificación de los suelos de Cuba (USDA, 2006), de consistencia media, relativamente llano, sin presencia de obstáculos, con una textura Loam arcilloso, con MO de 4,0 %, un pH de 7. El experimento se inició en la primera quincena diciembre del 2014, comparando dos sistemas de labranza para el cultivo de frijol.

Se montó un diseño experimental en bloques al azar, con dos tratamientos y tres repeticiones en parcelas de 80×20 m. Las variables de estudio fueron: la porosidad total del suelo, medidas a tres profundidades (0–10; 10–20 y 20–30 cm) durante cuatro fechas de observación y crecimiento dinámico del cultivo, cantidad de vainas por metro cuadrado y rendimiento agrícola del cultivo.

Los datos se procesaron por el modelo estadístico multivariante Split-Split-plot Carmer *et al.* (1989), con el paquete estadístico STATISTICA (Statsoft, 2003). En cuanto se detectaron diferencias significativas entre las variables medidas en los tratamientos, la separación de medias se efectuó con la prueba de LSD de Fischer para una probabilidad de $p < 0,95$.

Sistemas de labranza estudiados

El sistema de labranza mínimo, T1, parte de estudios realizados por Bouza *et al.* (1996) y Parra y Hernández (2010) consiste en la rotura del suelo con el multiarado + pase de grada de discos, con tractor de 20 kN.

El sistema de labranza mínima, T2, consiste en dos pases de granada de discos de forma perpendicular con la grada de discos, con tractor de 20 kN.

La siembra se realizó de forma manual, con la variedad de frijol (*Caupi*), con un marco de siembra de 0,10×0,45 m. La surca y la fertilización se llevó a cabo de la misma manera para los dos tratamientos, a razón de 0,70 t ha⁻¹ con el complejo 21–9–10. Durante el desarrollo del cultivo se aplicaron varios riegos entre 3 500 y 4 800 m³ ha⁻¹.

Porosidad total del suelo

La porosidad total (P_t) del suelo expresa el porcentaje del volumen total del suelo que está ocupado por poros. Se calcula con la siguiente expresión (1):

$$P_r = \left(1 - \frac{D_a}{D_r}\right) \times 100\% \quad (1)$$

donde:

D_a , es la densidad del suelo (Mg m^{-3})

D_r , es la densidad real (Mg m^{-3})

La densidad real (D_r) de 0–30 cm de profundidad es de $2,63 \text{ Mg m}^{-3}$, valor fijado por Parra y Hernánz (2010) en estudios realizados en un *Fluvisol* para cultivo de la papa, boniato y yuca. En la Tabla 1 se muestran los valores medios de la densidad del suelo (Mg m^{-3}).

Fecha de observación	Profundidad (cm)	Tratamientos	
		T1	T2
1	0-30	1,52	1,52
2	0-30	1,15	1,12
3	0-30	1,20	1,27
4	0-30	1,24	1,32

Tabla 1. Valores medios de la densidad del suelo (Mg m^{-3})

Comportamiento del cultivo

Altura de las plantas, se determinó con una cinta métrica de 0,01 mm de precisión, midiendo 15 plantas tomadas al azar en cada uno de los tratamientos. Cantidad de vainas, se determinó contando la cantidad de vainas existentes en 15 plantas tomadas al azar en cada uno de los tratamientos. El rendimiento agrícola (t ha^{-1}) se determinó a través de la masa total cosechada de frijol entre la cantidad de superficie plantada.

Resultados y Discusión

Comportamiento de la porosidad total del suelo

En la Tabla 1 se muestran los valores medios de porosidad total del suelo en tres profundidades de estudio durante cuatro fechas de observación. En la primera fecha no se evidencia diferencia significativa entre T1 y T2, pero si entre las profundidades, tomando un valor medio en todo su perfil de 42,21 % respectivamente. Estos valores de porosidad son aceptables para la aeración del suelo, permitiendo su labranza con un buen tempero de humedad, en correspondencia con un *Fluvisol* (Parra y Hernánz, 2010).

Fecha de observación*	Prof. cm	Tratamientos**						Medias
		T1			T2			
1	0-10	47,15	a ^a A ^b	D ^c	47,15	aA	D	47,15
	10-20	42,97	aB	D	42,97	aB	D	42,97
	20-30	36,50	aC	D	36,50	aC	D	36,50
	Medias	42,21	a		42,21	a		42,21
2	0-10	60,08	bA	A	61,60	aA	A	60,84
	10-20	56,65	bB	A	58,14	aB	A	57,40
	20-30	51,71	bC	A	52,85	aC	A	52,28
	Medias	56,15	b		57,53	a		56,84
3	0-10	58,17	aA	B	53,99	bA	B	56,08
	10-20	54,37	aB	B	52,78	bB	B	53,57
	20-30	50,19	aC	B	48,29	bC	B	49,24
	Medias	54,25	a		51,69	b		52,97
4	0-10	55,13	aA	C	51,90	bA	C	53,52
	10-20	52,47	aB	C	49,35	bB	C	50,91
	20-30	50,57	aC	C	47,91	bC	C	49,24
	Medias	52,72	a		49,72	b		51,22

*Fechas de observación: 1, antes de la labranza; 2, después de la labranza; 3, a los 36 días de trasplantado el cultivo; 4, antes de la cosecha. **T1, labranza mínima con el multirado y la grada de discos; T2, labranza mínima con pases de grada de discos. ^aEn cada fila las cifras seguidas por la misma letra minúscula no son significativamente diferentes para ($p < 0,95$) mediante la prueba LSD de Fisher. ^bEn una columna las cifras seguidas por la misma letra mayúscula no son significativamente diferentes para ($p < 0,95$) mediante la prueba LSD de Fisher. ^cEn una misma columna grupos de letras mayúsculas comparan momentos diferentes en un mismo tratamiento para $p < 0,95$ mediante la prueba LSD de Fisher.

Tabla 1. Valores medios de porosidad del suelo (%) según la efectividad de los tratamientos en cada una de las profundidades y las fechas de observación

Después de la labranza del suelo, la porosidad aumentó en T1 y T2, siendo este aumento de 14 % en T1 y de 15 % en T2, con relación a la porosidad media obtenida en la primera fecha debido a la acción de los sistemas de labranza empleados. En efecto los valores de porosidad alcanzados en las profundidades de 0–10; 10–20 y 20–30 cm en T2 fueron mayores que los obtenidos por T1 presentando diferencia significativa entre las profundidades de estudio.

Pasados los 36 días de plantado el cultivo, la situación se invierte con relación a los valores de porosidad registrados en la primera fecha, ya que ahora es T2 quien mostró los valores más bajos de porosidad en las tres profundidades, mientras que T1 los más altos (58,17; 54,37 y 50,19 %), alcanzando una porosidad media de 54,25 %, 3 % superior a la porosidad media obtenida por T2 de 51,69 %.

Poco antes a la cosecha ocurre algo similar a lo analizado en la tercera fecha pero con valores de la porosidad ligeramente bajos. La disminución de la porosidad entre ambas fechas fue de 2 % en T1 y T2 respectivamente, presentando T2 los valores más bajos de porosidad en las tres profundidades, con una porosidad media 49,72 %, 3 % inferior a lo alcanzado por T1 de 52,72 %. La distribución de los poros es buena, ya que los valores obtenidos estuvieron por encima de los obtenidos por Bravo y Andreu (2011) con labranza convencional y siembra directa.

Respuesta del cultivo a los sistemas de labranza

En la Figura 1 se muestra la altura media de las plantas, para lo cual se evidencia diferencia significativa entre T1 y T2. El tratamiento, T1, presentó plantas con una altura media de 17 cm, siendo 29 % superiores a la altura media de las plantas obtenidas en T2 (12 cm). No obstante los resultados obtenidos tanto por T1 y T2 están por debajo de la altura que deben alcanzar las plantas de frijol, que según ITT (2010) estas deben alcanzar una altura entre 20 y 30 cm.

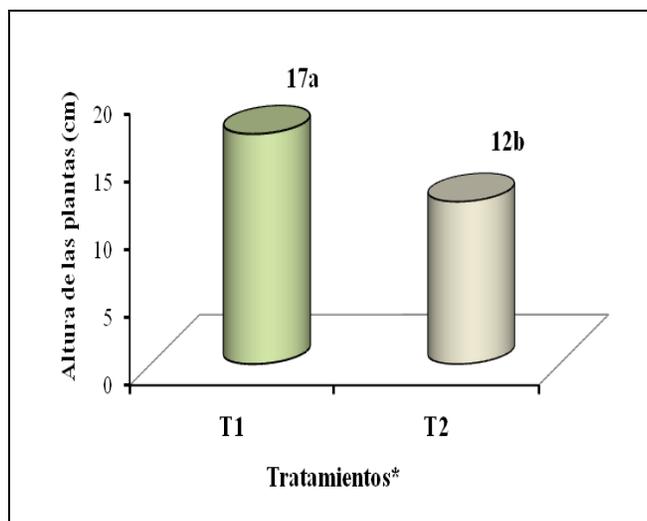


Figura 1. Altura promedio de las plantas de frijol.

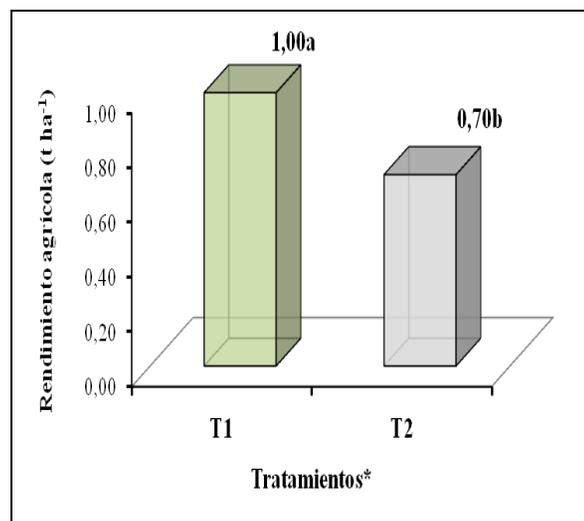


Figura 2. Rendimiento agrícola del cultivo.

Al analizar el rendimiento agrícola del cultivo Figura 2, se evidencia una diferencia significativa entre los tratamientos, para lo cual T1 alcanzó los valores más altos relacionados con el rendimiento 1,00 t ha⁻¹, siendo este resultado 30 % superior al rendimiento obtenido por T2. No obstante ambos resultados de T1 y T2 están por debajo del recomendado por ITT (2010). Es evidente que la cantidad o número de vainas por metro cuadrado influyó positivamente en el rendimiento agrícola. Para este caso que se analiza T1 alcanzó el mayor número de vainas por metro cuadrado, 146 vainas m⁻² como promedio. Este resultado de T1 supera en un 30 % a la cantidad media de vainas obtenida por T2 con sólo 102 vainas m⁻².

CONCLUSIONES

1. Con la aplicación del sistema de labranza mínima T1 se contribuyó significativamente a la conservación del suelo, alcanzando mejores resultados de porosidad y un buen desarrollo del cultivo del frijol.
2. Con el uso del sistema de labranza mínima T1 se alcanzó la mayor cantidad de vainas de frijol por metro cuadrado, garantizando un rendimiento agrícola de 1,00 t ha⁻¹, superando en un 30 % al sistema de labranza T2 (0,70 t ha⁻¹).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Balesdent, J., Chenu, C. y Balabane, M. (2000). Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil and Tillage Research*, 53(3), 215-230.
2. Barzegar, A. R., Asoodar, M. A. y Ansari, M. (2000). Effectiveness of sugarcane residue incorporation at different water contents and the Proctor compaction loads in reducing soil compactibility. *Soil and Tillage Research*, 57(3), 167-172.
3. Blanco, H., Gantzer, C., Anderson, S. y Alberts, E. (2004). Tillage and crop influences on physical properties for an Epiaqualf. *Soil Science Society of American Journal*, 68, 567-576.
4. Botta, G. F., Jorajuria, D., Rosatto, H. y Ferrero, C. (2006). Light tractor traffic frequency on soil compaction in the Rolling Pampa region of Argentina. *Soil and Tillage Research*, 86(1), 9-14.
5. Bouza, H., Serba, G., Villegas, R., Ronzoni, C., Hernández, S., Martínez, J. A. y Berra, E. (1996). Nueva tecnología de labranza mínima en la CPA cañera "Amistad Cuba-Laos". *Cañaveral*, 2(2), 4.
6. Bravo, C. y Andreu, E. (2011). Propiedades físicas y producción de maíz (*Zea mays* L.) en un Alfisol del estado Guárico, Venezuela, bajo dos sistemas de labranza. *Venesuelos*, 3(2), 62-68.
7. Cabria, F. N. y Culot, J. P. (2000). Efectos de la labranza convencional sobre la sortividad y la conductividad hidráulica saturada en Udoles del sureste de la provincia de Buenos Aires. *Ciencia del Suelo*, 18, 1-8.
8. Carmer, S. G., Nyquist, W. E. y Walker, W. M. (1989). Least significant differences for combined analyses of experiments with two-or three-factor treatment designs. *Agronomy Journal*, 81(4), 665-672.

9. Da Silva, A. P., Imhoff, S. y Corsi, M. (2003). Evaluation of soil compaction in an irrigated short-duration grazing system. *Soil and Tillage Research*, 70, 83-90.
10. Dam, R. F., Mehdi, B. B., Burgess, M. S. E., Madramootoo, C. A., Mehuys, G. R. y Callum, I. R. (2005). Soil bulk density and crop yield under eleven consecutive years of corn with different tillage and residue practices in a sandy loam soil in central Canada. *Soil and Tillage Research*, 84(1), 41-53.
11. Franzluebbers, A. (2002). Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil and Tillage Research*, 66(2), 95-106.
12. Franzluebbers, A. J. y Stuedemann, J. A. (2008). Soil physical responses to cattle grazing cover crops under conventional and no tillage in the Southern Piedmont USA. *Soil and Tillage Research*, 100, 141-153.
13. Gil, R. (2009). Algunos criterios para la cuantificación y diagnóstico del comportamiento estructural del suelo, y su relación con la dinámica del agua y la producción de los cultivos. *El Comportamiento Físico-Funcional de los Suelos*. Instituto de Suelos: INTA Castelar.
14. Guérif, J. (2001). A review of tillage effects on crop residue management, seedbed conditions and seedling establishment. *Soil Tillage Research*, 61, 13-22.
15. Guérif, J., Richard, G., Dürr, C., Machet, J. M., Recous, S. y Roger-Estrade, J. (2001). A review of tillage effects on crop residue management, seedbed conditions and seedling establishment. *Soil and Tillage Research*, 61(1), 13-32.
16. Olivet, Y. E., Sánchez-Girón, V. y Hernanz, J. L. (2014). Reduced tillage for tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) production in East Cuba. Soil physical properties and crop yield. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 12(3), 611-622.