

LAS LABRANZAS Y SU EFECTO SOBRE PROPIEDADES
FISICAS DE LA SERIE WYMORE *

Hugo S. Vivas
INTA - EERA Rafaela - Casilla de Correo 22 - (2300) Rafaela. Santa Fe

RESUMEN

Este trabajo fue conducido durante 1982 en el campo experimental de la Universidad de Nebraska, Lincoln (EE.UU.) sobre la serie Wymore (Argiudol ácuico, familia fina, montmorillonítica, méscica).

El objetivo fue comparar el efecto de tres tratamientos de labranza (arado de rejas, arado de discos y siembra directa) sobre algunas propiedades físicas del suelo cultivado con maíz.

Las características físicas estudiadas fueron: a) densidad aparente, b) porosidad total, c) permeabilidad del aire, d) permeabilidad del agua, e) conductividad hidráulica, f) resistencia a la penetrabilidad, g) infiltración de agua y h) curvas características de humedad. También se evaluó la cobertura de rastrojos.

La siembra directa tuvo un 36,9 por ciento de cubierta de residuos, la cual fue significativamente diferente al arado de rejas y discos con 6,9 y 12,7 por ciento, respectivamente.

La retención de humedad a los 7,6 cm de profundidad fue mayor en reja y disco que en siembra directa entre 33,3 y 1.500 k Pa.

Los tratamientos de reja y disco produjeron más materia seca (kg/ha) que siembra directa, lo que probablemente estuvo relacionado con una mayor retención de agua en el suelo y con la menor cobertura de residuos superficiales.

Palabras clave: Labranzas. Propiedades físicas. Maíz.

TILLAGE EFFECTS ON PHYSICAL PROPERTIES OF WYMORE SERIES

ABSTRACT

This work was conducted during 1982 in the University of Nebraska (USA) experimental field at Lincoln, on the Wymore Series (aquic Argiudoll, fine, montmorillonitic, mesic).

The objective was to compare the effects of three tillage treatments (moldboard plow, disk and no-till) on some physical properties of a soil planted with corn.

The physical characteristics under study were: a) bulk density, b) total porosity, c) air permeability, d) water permeability, e) hydraulic conductivity, f) soil strength, g) water infiltration and h) water retention characteristic. Residue cover was also evaluated.

No-till had 36,9 % of residue cover which was significantly different than plow and disk with 6,9 and 12,7 % respectively.

The water retention at 7,6 cm soil depth was greater in plow and disk than in no-till from 33,3 k Pa to 1.500 k Pa.

Plow and disk treatments produced more dry matter than no-till, which probably was related to greater soil water retention and less residue cover on the surface.

Key words: Tillage. Physical properties. Corn.

* Información extraída de la tesis de M.S. presentada a la Universidad de Nebraska (U.N.L.), Estados Unidos de Norte América y presentada en el X Congreso Argentino y VIII Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, 1983.

INTRODUCCION

Las labranzas, cualquiera sea el tipo, producen cambios en el suelo con gran alteración de las propiedades físicas. La densidad, porosidad, resistencia a la penetración, permeabilidad del aire, conductividad hidráulica, infiltración de agua y retención de humedad, son propiedades que frecuentemente pueden ser modificadas y sujetas a evaluaciones para comparación de tratamientos. También la cobertura de rastrojos, la cual está condicionada por el tipo de labranza, puede complementar tales evaluaciones físicas.

Generalmente, la densidad aparente y la porosidad total del suelo son las primeras afectadas, incrementando la aireación y el porcentaje total de poros. Esto fue observado por Griffith et al. (1977) comparando labranzas convencionales con siembra directa. Las primeras disminuyeron la densidad e incrementaron la porosidad.

Mielke et al. (1981) consideraron que las labranzas reducen normalmente la densidad, pero si el suelo se vuelve a compactar la misma podría exceder a la original.

En otras experiencias comparando labranzas convencionales con siembra directa no se encontraron diferencias significativas en la densidad del suelo luego de varios años de trabajo (Blevins et al., 1977 y Agboola, 1981).

La resistencia del suelo a la penetración es otra característica física a considerar. Esta ha sido definida por Gill y Vanden Berg (1967) como la propiedad del suelo para resistir una fuerza aplicada. Los estudios de Taylor y Gardner (1963) utilizando algodón permitieron concluir que la resistencia del suelo controla la penetración de raíces.

La permeabilidad al aire, como un índice de la estructura del suelo (Buehrer, 1932), es otra técnica para caracterizar tratamientos de labranza. Evans (1965) destacó que la permeabilidad al aire es un parámetro que indica la aptitud del suelo para transmitir gases cuando existen diferencias de presión. Su determinación también puede proveer información sobre el tamaño y continuidad de los poros llenos de aire (Hillel, 1980).

Las prácticas de labranza modifican otra propiedad tal como la conductividad hidráulica o habilidad del suelo para transmitir agua (Klute, 1965). La misma está afectada por otras propiedades físicas del suelo como son la porosidad total y la geometría de los poros, así como también por procesos químicos y biológicos (Hillel, 1980; Joo y Lal, 1977).

La infiltración —definida como el proceso de entrada de agua en el suelo en forma vertical— puede variar con el tiempo debido a gradientes de succión matricial, obstrucción de poros, hinchamiento de arci-

llas, burbujas de aire atrapadas, etc. (Hillel, 1980). Numerosos investigadores, entre ellos Mannering et al. (1966) y Burwell et al. (1968), han realizado mediciones de infiltración de agua en suelos con distintos tratamientos de labranza; más específicamente Triplett et al. (1968) y Lal (1976) trabajando en siembra directa y con labranza convencional, encontraron una mayor infiltración en la primera.

Debido a que los distintos tipos de labranza mezclan el suelo y los residuos en forma diferente, pueden generar distintas capacidades para almacenar agua en los horizontes. Las curvas de retención de humedad en distintas capas de suelo, constituyen un recurso apropiado para interpretar posibles diferencias entre tratamientos. De esta forma, Lal (1976) sobre un suelo Alfisol encontró mayor retención de humedad en la superficie con siembra directa que en aquellos con labranzas convencionales, lo que atribuyó al mayor contenido de materia orgánica.

Por otro lado, el efecto de las labranzas sobre la producción y el crecimiento de los cultivos no sigue un patrón de resultados coincidentes. Así, distintos autores trabajando en diferentes lugares y condiciones de suelo encontraron resultados opuestos.

Al respecto, Baumer y Bakermans (1973) sobre un suelo franco arcilloso y otro franco limoso, no encontraron diferencias significativas entre la producción de maíz en siembra directa y convencional. Similares resultados encontraron Mannering et al. (1966) sobre un suelo franco limoso.

Contrariamente, Van Doren et al. (1976) hallaron rendimientos superiores de maíz con siembra directa que con convencional en un suelo de Ohio franco limoso, bien drenado, con mucha pendiente y en rotación con soja. El caso opuesto, donde la labranza convencional superó en rendimiento a la siembra directa, fue encontrado por Griffith et al. (1973) sobre suelos franco limosos y franco arcillo limosos y por Richey et al. (1977) en suelo franco.

El objetivo de este trabajo fue comparar los efectos de tres tratamientos de labranza sobre algunas características físicas del suelo cultivado con maíz.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo fue ubicado en el campo experimental de la Universidad de Nebraska (EE.UU.) a 20 km al este de Lincoln. El suelo bajo estudio correspondió a la serie Wymore (Argiudol ácuico, de la familia fina, montmorillonítica, mexicana), con un 5 por ciento de pendiente y severamente erosionada.

Este suelo tiene un horizonte Ap franco arcillo limoso de 18 cm y un horizonte B21 arcillo limoso de 20 cm. Los moteados son abundantes a partir de los

40 cm de profundidad. Las resquebrajaduras superficiales del suelo son evidentes en los meses de verano.

Los tratamientos fueron: arado de rejas, arado de discos y siembra directa en una secuencia de maíz-maíz por tercer año consecutivo.

El diseño utilizado fue de bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental fue de 9,12 m de ancho (12 hileras de maíz) por 25 m de largo.

El híbrido de maíz utilizado fue Pioneer 3382 adaptado para condiciones de secano y fue sembrado el 4 de mayo de 1982.

A continuación se enumeran las variables estudiadas y las técnicas utilizadas:

- Cubierta de residuos (CR). Método fotográfico. Se tomaron cuatro diapositivas de la superficie del suelo de 1 m x 0,75 m cada una en cada parcela. La base de cada fotografía coincidió con la línea de siembra y la altura con el espacio entre líneas. Las mismas fueron proyectadas sobre una superficie con cuadrículas (7,6 x 7,6 cm), cuyas intersecciones con los residuos fueron evaluados como porcentajes.
- Densidad aparente (DA). Método del cilindro, Blake (1965).
- Porosidad total (PT). Vomocil (1965).
- Resistencia del suelo a la penetrabilidad (RP). Penetrómetro de cono, estándar 313.1 (Agriculture Engineer Yearbook). Se midió en dos estados de crecimiento del cultivo (3 y 19 hojas) y a tres profundidades, 0-7,6; 7,6-15,2 y 15,2-22,9 cm. En el primero se realizaron 30 observaciones por parcela y por profundidad de suelo. En el segundo se realizaron 18 observaciones por parcela y por profundidad.
- Permeabilidad al aire (PA). Tanner y Wengel (1957).
- Conductividad hidráulica (CH). Carga constante, Klute (1965).
- Infiltración del agua (IA). Cilindros dobles, Haise et al. (1965).
- Curva característica de humedad (CCH). Método de la placa porosa, Richards (1965).
- Materia orgánica (MO). Se determinó carbono total por la técnica de combustión seca y se multiplicó por el factor 1,728 para obtener materia orgánica.

El rendimiento de maíz fue evaluado sobre una superficie de 12 m x 0,75 m = 9 m² y luego expresado en kg/ha con 15,5 por ciento de humedad. Para materia seca se consideró el peso total de plantas menos el por ciento de humedad, en igual superficie de suelo.

Las variables DA, PT, PA y CH fueron estudiadas en tres profundidades: 0-7,6; 7,6-15,2 y 15,2-22,9 cm.

Se tomaron dos observaciones por parcela y por profundidad.

La IA se hizo en dos lugares diferentes por parcela, durante cuatro horas a 20 cm de profundidad, representando el proceso por la ecuación de Kostiakov.

Para el estudio de retención de humedad se consideraron dos profundidades de suelo: 7,6-10,6 y 22,9-25,4 cm, con dos observaciones por parcela y muestras no disturbadas.

Para MO se realizaron seis observaciones por parcela a siete profundidades (0-7,6; 7,6-15,2; 15,2-22,9; 22,9-30,5; 30,5-61,0; 61,0-121,9 y 121,9-162,6 cm).

En todas las comparaciones de tratamientos se consideró $\alpha = 0,05$, a excepción de la resistencia del suelo a la penetrabilidad en el cual se intensificaron las observaciones y α se fijó en 0,10.

RESULTADOS Y DISCUSION

Cubierta de residuos

La cantidad de residuos, expresada en porcentaje, fue diferente entre los tratamientos y aquel con siembra directa tuvo mayor cobertura que los de arado de rejas y disco (Tabla 1).

TABLA 1: Cubierta de residuos para tres tratamientos de labranza.

Tratamientos	Bloques			
	I	II	III	X
	%			
Reja	11,5	4,8	4,6	7,0 a
Disco	10,5	12,0	16,1	12,7 a
S. Directa	39,4	38,5	32,7	36,9 b

Medias de tratamiento con iguales letras no difieren entre sí, test LSD ($P < 0,05$).

Similar tendencia fue encontrada por Lafien et al. (1978) en Iowa sobre tres suelos, trabajando con secuencias similares de labranza.

Ha sido demostrado que los residuos superficiales, si bien protegen la superficie del suelo, frecuentemente reducen el temprano crecimiento y a menudo también los rendimientos de maíz (Larson et al., 1960; Burrows y Larson, 1962).

40 cm de profundidad. Las resquebrajaduras superficiales del suelo son evidentes en los meses de verano.

Los tratamientos fueron: arado de rejas, arado de discos y siembra directa en una secuencia de maíz-maíz por tercer año consecutivo.

El diseño utilizado fue de bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental fue de 9,12 m de ancho (12 hileras de maíz) por 25 m de largo.

El híbrido de maíz utilizado fue Pioneer 3382 adaptado para condiciones de secano y fue sembrado el 4 de mayo de 1982.

A continuación se enumeran las variables estudiadas y las técnicas utilizadas:

- Cubierta de residuos (CR). Método fotográfico. Se tomaron cuatro diapositivas de la superficie del suelo de 1 m x 0,75 m cada una en cada parcela. La base de cada fotografía coincidió con la línea de siembra y la altura con el espacio entre líneas. Las mismas fueron proyectadas sobre una superficie con cuadrículas (7,6 x 7,6 cm), cuyas intersecciones con los residuos fueron evaluados como porcentajes.
- Densidad aparente (DA). Método del cilindro, Blake (1965).
- Porosidad total (PT). Vomocil (1965).
- Resistencia del suelo a la penetrabilidad (RP). Penetrómetro de cono, estándar 313.1 (Agriculture Engineer Yearbook). Se midió en dos estados de crecimiento del cultivo (3 y 19 hojas) y a tres profundidades, 0-7,6; 7,6-15,2 y 15,2-22,9 cm. En el primero se realizaron 30 observaciones por parcela y por profundidad de suelo. En el segundo se realizaron 18 observaciones por parcela y por profundidad.
- Permeabilidad al aire (PA). Tanner y Wengel (1957).
- Conductividad hidráulica (CH). Carga constante, Klute (1965).
- Infiltración del agua (IA). Cilindros dobles, Haise et al. (1965).
- Curva característica de humedad (CCH). Método de la placa porosa, Richards (1965).
- Materia orgánica (MO). Se determinó carbono total por la técnica de combustión seca y se multiplicó por el factor 1,728 para obtener materia orgánica.

El rendimiento de maíz fue evaluado sobre una superficie de 12 m x 0,75 m = 9 m² y luego expresado en kg/ha con 15,5 por ciento de humedad. Para materia seca se consideró el peso total de plantas menos el porcentaje de humedad, en igual superficie de suelo.

Las variables DA, PT, PA y CH fueron estudiadas en tres profundidades: 0-7,6; 7,6-15,2 y 15,2-22,9 cm.

Se tomaron dos observaciones por parcela y por profundidad.

La IA se hizo en dos lugares diferentes por parcela, durante cuatro horas a 20 cm de profundidad, representando el proceso por la ecuación de Kostiakov.

Para el estudio de retención de humedad se consideraron dos profundidades de suelo: 7,6-10,6 y 22,9-25,4 cm, con dos observaciones por parcela y muestras no disturbadas.

Para MO se realizaron seis observaciones por parcela a siete profundidades (0-7,6; 7,6-15,2; 15,2-22,9; 22,9-30,5; 30,5-61,0; 61,0-121,9 y 121,9-162,6 cm).

En todas las comparaciones de tratamientos se consideró $\alpha = 0,05$, a excepción de la resistencia del suelo a la penetrabilidad en el cual se intensificaron las observaciones y α se fijó en 0,10.

RESULTADOS Y DISCUSION

Cubierta de residuos

La cantidad de residuos, expresada en porcentaje, fue diferente entre los tratamientos y aquel con siembra directa tuvo mayor cobertura que los de arado de rejas y disco (Tabla 1).

TABLA 1: Cubierta de residuos para tres tratamientos de labranza.

Tratamientos	Bloques			
	I	II	III	X
	%			
Reja	11,5	4,8	4,6	7,0 a
Disco	10,5	12,0	16,1	12,7 a
S. Directa	39,4	38,5	32,7	36,9 b

Medias de tratamiento con iguales letras no difieren entre sí, test LSD ($P < 0,05$).

Similar tendencia fue encontrada por Lafien et al. (1978) en Iowa sobre tres suelos, trabajando con secuencias similares de labranza.

Ha sido demostrado que los residuos superficiales, si bien protegen la superficie del suelo, frecuentemente reducen el temprano crecimiento y a menudo también los rendimientos de maíz (Larson et al., 1960; Burrows y Larson, 1962).

Densidad aparente y porosidad

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a DA de cada profundidad (Tabla 2). El valor medio más bajo encontrado fue

TABLA 2: Densidad aparente del suelo para tres tratamientos de labranza y tres profundidades.

Profundidad (cm)	Profundidad (cm)		
	0-7,6	7,6-15,2	15,2-22,9
	Mg/m ³		
Reja	1,17 a	1,30 a	1,31 a
Disco	1,19 a	1,31 a	1,26 a
S. Directa	1,21 a	1,24 a	1,22 a
C/V	7,8	4,1	5,6

Medias de tratamientos con iguales letras no difieren entre sí, test LSD (P < 0,05).

1,17 Mg/m³ en la superficie del tratamiento con reja y el más alto fue 1,31 Mg/m³ en la tercer profundidad del mismo tratamiento y en la segunda profundidad del arado de disco. Resultados semejantes fueron obtenidos por Blevins et al. (1977) en Kentucky sobre un suelo franco limoso.

El tratamiento de siembra directa presentó densidades más uniformes en los tres niveles de suelo.

La porosidad del suelo, como propiedad directamente relacionada con la densidad aparente, siguió igual comportamiento que ésta.

Resistencia del suelo

La RP realizada en dos oportunidades durante el crecimiento del cultivo, fue evaluada usando el índice de cono y los resultados pueden verse en las Tablas 3 y 4.

Es evidente que en los primeros estados de crecimiento del cultivo, la mayor resistencia a la penetración de raíces fue ofrecida por los tratamientos de disco y siembra directa.

No hubo diferencias de humedad entre los tratamientos, lo cual indicaría que las diferencias de penetrabilidad encontradas se deben mayormente a la densificación del suelo. Los porcentajes de agua gravimétrica encontrados oscilaron entre 21,4 y 33,5.

Las mediciones hechas cuando el cultivo tuvo 19

TABLA 3: Resistencia del suelo a la penetración usando el penetrómetro de cono para tres tratamientos de labranza y tres profundidades de suelo cuando el maíz tuvo 3 hojas.

Profundidad (cm)	Profundidad (cm)		
	0-7,6	7,6-15,2	15,2-22,9
	k Pa		
Reja	461 a	372 a	509 a
Disco	593 a	605 b	761 b
S. Directa	581 a	551 b	755 bc
C.V.	18,4	15,1	17,1

Medias de tratamientos de labranza y medias para profundidad de suelo con iguales letras no difieren entre sí, LSD (P < 0,10).

TABLA 4: Resistencia del suelo a la penetración usando el penetrómetro de cono, para tres tratamientos de labranza y tres profundidades de suelo cuando el maíz tuvo 19 hojas.

Profundidad (cm)	Profundidad (cm)		
	0-7,6	7,6-15,2	15,2-22,9
	k Pa		
Reja	2721 a	3812 a	4219 a
Disco	2661 a	4351 a	4244 a
S. Directa	2709 a	4495 a	4219 a
C.V.	17,1	16,4	16,0

Medias para profundidad de suelo con iguales letras no difieren entre sí, LSD (P < 0,10).

hojas indicaron un incremento general en la resistencia del suelo seis a siete veces mayor que aquellas observadas cuando el maíz tuvo tres hojas.

Los valores medidos fueron superiores a 1.500-2.000 k Pa, los cuales son considerados críticos para la producción de cultivos y el crecimiento de las raíces (Taylor y Gardner, 1963).

No hubo diferencias de humedad entre los tratamientos. Los porcentajes de agua gravimétrica encontrados oscilaron entre 20,4 y 25,5.

No hubo diferencias de penetrabilidad entre los tratamientos en cada profundidad de suelo.

También fue evidente que al final del período de crecimiento del cultivo (19 hojas) la RP fue más uniforme entre los tratamientos dentro de cada profundi-

dad que cuando el maíz tuvo tres hojas. Ello fue debido a un contenido menor de agua en el suelo y a una densificación natural ocurrida entre los tratamientos y entre las profundidades estudiadas.

Permeabilidad al aire

Los valores obtenidos en muestras no disturbadas y con humedad de campo no tuvieron diferencias significativas entre tratamientos para cada profundidad de suelo.

Disco, siembra directa y reja tuvieron valores de $0,93 \mu^2$ (moderada), $1,71$ y $2,47 \mu^2$ (moderadamente rápida) en superficie respectivamente. En profundidad la permeabilidad osciló entre $0,05$ y $0,09 \mu^2$ (lenta).

Conductividad hidráulica de suelo saturado (Ks)

Los valores de esta propiedad del suelo, también medida a partir de muestras nos disturbadas, pueden apreciarse en la Tabla 5.

TABLA 5: Conductividad hidráulica (Ks) promedio del suelo para tres tratamientos de labranza.

Tratamientos	Profundidad (cm)		
	0-7,6	7,6-15,2	15,2-22,9
	cm/min		
Reja	0,032 a	0,024 a	0,001 a
Disco	0,021 a	0,028 a	0,004 a
S. Directa	0,044 a	0,020 a	0,021 a

Medias de tratamientos con iguales letras no difieren entre sí, test LSD (P < 0,05).

No hubo diferencias significativas entre tratamientos en cada profundidad.

Muchas observaciones tuvieron una Ks de cero, y ellas fueron más frecuentes en la segunda y tercera profundidad que en la primera. El promedio más alto de Ks encontrado fue de $0,044$ cm/min (moderado) en la superficie de siembra directa y el más bajo fue de $0,001$ cm/min (muy lento) en reja para la tercer profundidad.

La permeabilidad al agua, la cual es una propiedad del medio poroso y su geometría, también llamada permeabilidad intrínseca (Evans, 1965; Hillel, 1980) fue calculada de las medidas de Ks y tuvo similares tendencias que aquella en las diferentes profundidades del suelo.

Infiltración de agua

Fue utilizada la ecuación de Kostiakov para representar la IA en los tratamientos. De las seis observaciones por tratamiento, sólo una en reja, dos en disco y una en siembra directa excedieron los 5 cm de infiltración acumulada (I) luego de cuatro horas.

En consecuencia la mayoría de las observaciones tuvieron una infiltración acumulada (I) menor. La ecuación que representa a cada tratamiento es aquella que tuvo el mayor número de lecturas en el proceso de infiltración y mejor R².

Reja	I = 1,515 t ^{0,059}	R ² = 0,96
Disco	I = 1,396 t ^{0,118}	R ² = 0,79
Siembra directa	I = 1,241 t ^{0,118}	R ² = 0,76

Luego de cuatro horas la infiltración acumulada (I) para disco fue de 2,7 cm, seguido por siembra directa con 2,5 cm y por último reja con 2,0 cm.

Estas ecuaciones, además de describir los fenómenos más frecuentes muestran resultados consistentes con el tipo de suelo estudiado, de lenta absorción de agua.

Derivando en las ecuaciones la infiltración acumulada (I) respecto del tiempo (t), fue posible conocer la tasa de infiltración

$$i = \frac{dI}{dt} \quad \text{para los tratamientos de labranza:}$$

	Tiempo (minutos)	
	15	240
Reja *	0,007	0,001
Disco *	0,015	0,001
Siembra directa *	0,013	0,001

A los 15 minutos la tasa de infiltración para rejas fue lenta y para disco y siembra directa moderadamente lenta (USDA, 1951). A los 240 minutos en todos los tratamientos la tasa de infiltración fue muy lenta. Estos resultados son coincidentes con los bajos valores de conductividad hidráulica (Ks) obtenidos.

Curva característica de humedad

El agua retenida por el suelo es función de su textura, estructura y porosidad total y por lo tanto de la capacidad de retención de la matriz del suelo.

* Tasa de infiltración i (cm/min)

agua (Hillel, 1980), por lo tanto cabe esperar mayor superficie específica en reja y disco que en siembra directa.

Los análisis de variancia para el contenido de agua a 7,6 cm de profundidad en varios niveles de potencial mátrico, mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos: reja y disco fueron similares pero ambas difirieron del tratamiento con siembra directa (LSD, $P < 0,05$).

La mayor cantidad de agua retenida en reja y disco respecto a siembra directa a 7,6 cm fue asociada a mayor contenido de materia orgánica. Reja y disco con 2,87 y 3,02 por ciento de MO, respectivamente, superaron en forma significativa a siembra directa con 2,24 por ciento (Duncan, $P < 0,05$). La información podría interpretarse como que reja y disco incorporaron más MO a la masa del suelo, mientras que siembra directa la acumularía en superficie.

Las CCH a 22,9 cm de profundidad fueron muy cercanas unas de otras y los tres tratamientos retuvieron similar cantidad de agua para los potenciales mátricos estudiados. El contenido de MO a esta profundidad del suelo no fue diferente entre los tratamien-

tos. Reja, disco y siembra directa tuvieron 1,86; 1,88 y 1,95 por ciento, respectivamente.

Los rendimientos promedios de maíz (Tabla 6) fueron 6.995; 5.989 y 5.985 kg/ha para reja, disco y siembra directa, respectivamente. No hubo diferencias significativas, ($P < 0,05$), C.V. = 19,9.

Los rendimientos de materia seca (Tabla 6) fueron 8.485; 7.478 y 6.606 kg/ha para reja, disco y siembra directa, respectivamente. La diferencia entre los tratamientos fue significativa ($P < 0,05$) con un C.V. = 14,3. Reja y disco fueron similares pero ambos fueron superiores a siembra directa.

CONCLUSIONES

El tratamiento de siembra directa dejó una cantidad mayor de residuos sobre la superficie del suelo que los tratamientos con reja y disco. No hubo diferencias para los dos últimos.

La permeabilidad al aire, conductividad hidráulica e infiltración de agua fueron bajas pero propias de un suelo con características como el estudiado.

Las diferencias en resistencia del suelo a la penetrabilidad fueron más evidentes cuando el cultivo de maíz estuvo en el estado de tres hojas que cuando tuvo 19 hojas, y en este último estado el suelo incrementó seis a siete veces su resistencia y los tratamientos fueron similares.

Las diferencias de rendimiento no fueron significativas entre los tratamientos, la mayor producción de materia seca y el mayor crecimiento del cultivo observado en reja y disco versus siembra directa estuvieron relacionados con la mejor retención de agua y mayor contenido de materia orgánica entre 7,6 y 10,6 cm de profundidad, como así también con la cubierta de rastrojos.

El cultivo de maíz tuvo mejor comportamiento con arado de rejas y de discos que sobre siembra directa, aunque los riesgos de erosión fueron mayores.

TABLA 6: Rendimientos de maíz y producción de materia seca para tres tratamientos de labranza.

Tratamientos	Producción de grano	Materia seca
	kg/ha	
Reja	6995 a	8485 a
Disco	5989 a	7478 a
S. Directa	5985 a	6601 b
C.V.	19,9	14,3

Medias de tratamientos con iguales letras no difieren entre sí, test LSD ($P < 0,05$).

REFERENCIAS

- Agboola, A. A., 1981. The effects of different soil tillage and management practices on the physical and chemical properties of soil and chemical properties of soil and maize yield in a rainforest zone of western Nigeria. *Agron. J.* 73: 247-151.
- Agriculture Engineers Yearbook, 1980. Soil cone penetrometer Standard 313. 1. Amer. Agric. Eng. St. Joseph, MI 265 p.
- Baumer, D. and W. A. P. Bakermans, 1973. Zero-tillage. *Adv. Agron.* 25: 71-123.

- Blake, G. R., 1965. Bulk density. IN C. A. Black (ed). Methods of soil analysis part I. Agronomy 9: 374-399. Amer. Soc. of Agron., Madison, Wis.
- Blevins, R. L.; G. M. Thornes and P. L. Cornelius, 1977. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. Agron. J. 69: 383-386.
- Buehrer, T. F., 1932. The movement of gases through the soil as a criterion of soil structure. Arizona Agr. Exp. Sta. Tech. Bul. 39: 1-57.
- Burwell, R. E.; L. L. Sloneker and W. W. Nelson, 1968. Tillage influences water intake. J. Soil and Water Cons. 23: 195-187.
- Evans, D. D., 1965. Gas movement, IN C. A. Black (ed). Methods of soil analysis, part I. Agron. 9: 319-330. Am. Soc. of Agron., Madison, Wis.
- Gill, W. R. and G. E. Vanden Berg, 1967. Soil dynamics in tillage and traction. U.S. Dept. Agr. Handbook N° 316.
- Griffith, D. R.; J. V. Mannering; H. M. Gallöway; D. S. Parsons and C. B. Richey, 1963. Effect of eight tillage-planting systems on soil temperature, percent stand, plant growth, and yield of corn on five Indiana soils. Agron. J. 65: 321-326.
- Griffith, D. R.; J. V. Mannering and W. Moldenhauer, 1977. Conservation tillage in the eastern corn belt. J. Soil and Water Cons. 32: 20-28.
- Haise, H. R.; W. W. Dannan; J. T. Phelan; L. F. Lawhon and D. G. Shockley, 1956. The use of cylinder infiltrometers to determine the intake characteristics of irrigated soil. ARS Series 41-7. USDA-ARS.
- Hillel, D., 1980. Fundamentals of soil physics. Academic Press, New York, pp. 413.
- Juo, A. S. and R. Lal, 1977. The effect of fallow and continuous cultivation on the chemical and physical properties of an Alfisol in western Nigeria. Plant and Soil 47: 567-585.
- Klute, A., 1965. Laboratory measurements of hydraulic conductivity of saturated soil. IN C. A. Black (ed). Methods of soil analysis, part I. Agronomy 9: 210-221. Am. Soc. of Agron., Madison, Wis.
- Lafien, J. M.; J. L. Baker; R. O. Hartwing; W. F. Buchele and H. P. Johnson, 1978. Soil and water loss from conservation tillage. Trans. ASAE 21: 881-885.
- Lal, R., 1976. No-tillage effects on soil properties under different crops in western Nigeria. Soil Sci. Soc. Am. J. 40: 762-768.
- Mannering, J. V.; L. D. Meyer and C. B. Johnson, 1966. Infiltration and erosion as affected by minimum tillage for corn (*Zea mays* L.). Soil Sci. Soc. Am. Proc. 30: 101-105.
- Mielke, L. N.; W. W. Wilhelm and K. A. Richards, 1981. Soil Physical characteristics of reduced tillage. American Soc. of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michigan, pp. 10.
- Richards, L. A., 1965. Physical condition of water in soil. IN C. A. Black (ed). Methods of soil analysis, part I. Agron. 9: 128-152. Am. Soc. of Agron. Madison, Wis.
- Richey, C. B.; D. R. Griffith and S. D. Parson, 1977. Yields and cultural energy requirements for corn and soybeans with various tillage planting systems. Adv. Agron. 29: 141-182.
- Tanner, C. B. and R. W. Wengel, 1957. An air permeameter for field and laboratory use. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 21: 662-664.
- Taylor, H. H. and H. R. Gardner, 1963. Penetration of cotton seedling taproots as influenced by bulk density, moisture content, and strength of soil. Soil Sci. 96: 153-156.
- Triplett, G. B. Jr.; D. M. Van Doren, Jr. and B. L. Schmidt, 1968. Effect of corn (*Zea mays* L.) stover mulch on no-tillage corn yield and water infiltration. Agron. J. 60: 236-239.
- Van Doren, D. M. Jr.; C. B. Triplett, jr. and J. E. Henry, 1976. Influence of long term tillage, crop rotation and soil type combinations on corn yield. Soil Sci. Soc. Am. J. 40: 100-105.
- Vomocil, J. A., 1965. Porosity. IN C. A. Black (ed). Methods of soil analysis, part I. Agronomy 9: 299-314. Am. Soc. of Agron. Madison, Wis.
- U. S. Department of Agriculture, 1951. Soil Survey Manual. U.S.D.A. Handbook 18. 503 p.