

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

Guía útil para comparar las prácticas de manejo de cultivo



MasAgro

Modernización Sustentable
de la Agricultura Tradicional



CIMMYT^{MR}

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

Guía útil para comparar las prácticas
de manejo de cultivo



Reconocimientos

Este material fue elaborado como parte del Programa de Investigación del Cambio Climático, la Agricultura y la Seguridad Alimentaria del CGIAR (CCAFS) y financiado en parte por el componente 'Desarrollo sustentable con el productor', de la iniciativa 'Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional', que es respaldada por la SAGARPA. Esta serie se elaboró con base en las contribuciones y materiales aportados por A. Castellanos-Navarrete, A. Chocobar, R. A. Cox, S. Fonteyne, B. Govaerts, N. Jaspers, F. Kienle, K. D. Sayre y N. Verhulst.

Si tiene alguna sugerencia respecto a cómo mejorar esta guía, por favor comuníquese con Bram Govaerts (b.govaerts@cgiar.org) o Nele Verhulst (n.verhulst@cgiar.org).

Con sede en México, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (conocido como el CIMMYT) es un organismo sin fines de lucro que se dedica a la investigación agrícola y la capacitación. El Centro trabaja para reducir la pobreza y el hambre mediante el aumento sustentable de la productividad del maíz y del trigo en el mundo en desarrollo. El CIMMYT cuenta con el banco de semillas de maíz y trigo más grande del mundo y es conocido en particular por haber iniciado la Revolución Verde que salvó millones de vidas en Asia, hecho que motivó que el Dr. Norman Borlaug, del CIMMYT, recibiera el Premio Nobel de la Paz. El CIMMYT es miembro del Consorcio del CGIAR y recibe fondos de gobiernos nacionales, fundaciones, bancos de desarrollo y otras instituciones públicas y privadas.

© Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) 2013. Todos los derechos reservados. Las designaciones empleadas en la presentación de los materiales incluidos en esta publicación de ninguna manera expresan la opinión del CIMMYT o de sus patrocinadores respecto al estado legal de cualquier país, territorio, ciudad o zona, o de las autoridades de éstos, o respecto a la delimitación de sus fronteras. Las opiniones expresadas son las del (los) autor(es) y no necesariamente representan las del CIMMYT ni las de nuestros aliados. El CIMMYT autoriza el uso razonable de este material, siempre y cuando se cite la fuente.

Resistencia a la Penetración

1. Introducción

La resistencia a la penetración es un indicador del nivel de compactación de un suelo. La compactación limita el crecimiento radicular y la cantidad de aire y agua de que disponen las raíces (Herrick y Jones, 2002; Lampurlanés y Cantero-Martínez, 2003). Una forma de medir la resistencia a la penetración es calcular la resistencia del suelo al movimiento de un cono de penetración, y dividirla entre la profundidad de penetración. Los penetrómetros pueden ser estáticos o dinámicos. Los estáticos miden la fuerza empleada para empujar una sonda en el suelo a una velocidad constante, en tanto que los penetrómetros dinámicos miden la resistencia a la penetración al golpear la sonda repetidamente en el suelo. Este protocolo describe cómo se usa el penetrómetro dinámico. Herrick y Jones (2002), evaluaron el uso práctico de ambos tipos de penetrómetros y llegaron a la conclusión de que los dinámicos son instrumentos confiables, durables y de bajo costo que permiten evaluar la compactación del suelo; además, pueden ser utilizados por operarios sin experiencia, como los agentes de extensión o los productores. Cabe señalar que todos los penetrómetros son sensibles a las diferencias que existen en la humedad, densidad aparente y la textura del suelo, razón por la cual es aconsejable medir también estas características al usar un penetrómetro (Vaz y Hopmans, 2001; Herrick y Jones, 2002).

2. Materiales y equipo

- Un penetrómetro
- Una hoja de datos y un lápiz

3. Procedimiento

Si fuera necesario, retire la paja y cualquier otra basura de la superficie del suelo para poder ver claramente el indicador de profundidad del penetrómetro. Es importante que, al comienzo, sostenga usted el penetrómetro perpendicular a la superficie del suelo; sin embargo, si el ángulo del penetrómetro cambia mientras usted realiza las mediciones, no lo corrija. Tenga cuidado de evitar las irregularidades del suelo, como las grietas. Para operar el penetrómetro, suba la pesa deslizante al nivel más alto y déjela caer. Extienda y coloque su mano izquierda sobre la manija; manténgala extendida y no agarre la manija (Figura 1). Asegúrese que su cuerpo o alguna otra herramienta o utensilio no se interponga en la trayectoria de la pesa deslizante a fin de evitar lesiones por aplastamiento. En particular, siempre retire la mano derecha del aparato después de soltar la pesa, ya que podría ser aplastada si, al estar trabajando con rapidez, su mano sigue la pesa hacia abajo.

Anote el número de impactos que se requieren para empujar el cono a una distancia pre-establecida dentro del suelo. El número de impactos que se necesitan dependerá de las características del suelo, la profundidad de labranza entre otros factores. Además, los incrementos empleados para cubrir la distancia pre-establecida deben basarse en algún parámetro pertinente, como por ejemplo, en los horizontes pedológicos. Evalúe la resistencia a la penetración en diferentes profundidades y haga muchas mediciones para asegurarse de obtener resultados precisos.

Por ejemplo, en un experimento del CIMMYT realizado en parcelas de 13 m de largo y 6 m de ancho (8 camas de 0.75 m), se realizaron cuatro mediciones, dos en la cama 3 y dos en la cama 6. Se utilizaron incrementos de profundidad de 15 cm: 0–15 cm, 15–30 cm, 30–45 cm y 45–60 cm.



Figura 1. Utilización del penetrómetro. Izquierda: la pesa se sube hasta la punta superior del penetrómetro; derecha: la pesa se deja caer y esto cuenta como el primer impacto.

4. Cálculos

La resistencia a la penetración se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$R = \frac{(N \times M \times g \times SD)}{(A \times PD)}$$

donde:

R = la resistencia a la penetración (Pa)

N = el número de impactos

M = la masa de la pesa (5 kg)

g = la gravedad = 9.81 m/s²

SD = la distancia que se desliza el martillo (m)

A = el área de la superficie del cono (m²)

PD = la distancia de penetración (m)

El área de la superficie del cono se calcula como sigue:

$$A = \pi \times r \times s$$

donde:

A = el área de la superficie del cono (m²)

r = el radio del cono (m)

s = el largo del cono (m)

5. Ejemplo realizado

Esta medición se hizo con un penetrómetro que tiene un cono con un radio de $r = 0.895$ cm y una altura de $h = 3.58$ cm. La masa del impacto fue de 5 kg, la distancia de deslizamiento del martillo fue de 29.5 cm y la distancia de penetración fue de 15 cm.

Para calcular el área de la superficie del cono:

$$s^2 = r^2 + h^2 = 0.895^2 + 3.58^2 = 13.62 \text{ cm}^2$$

$$s = 3.69 \text{ cm}$$

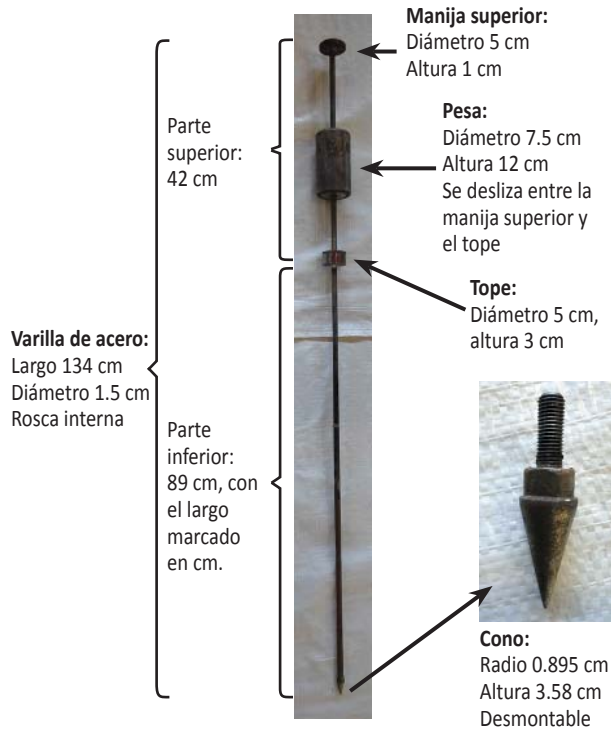
$$A = \pi \times r \times s = 10.38 \text{ cm}^2$$

La resistencia de penetración se calcula como sigue:

$$R = \frac{(N \times M \times g \times SD)}{(A \times PD)} = \frac{(15 \times 5.0 \times 9.81 \times 0.295)}{(10.38 \times 10^{-4} \times 0.15)} = 1.4 \text{ MPa}$$

6. Especificaciones del penetrómetro

Dado que un experto en trabajar con metales puede construir un penetrómetro, aquí damos las especificaciones del aparato. Al construir un penetrómetro las dimensiones no tienen que ser exactamente iguales; este es solo un ejemplo del penetrómetro que se utiliza en el CIMMYT. No obstante, es muy importante conocer las dimensiones exactas del aparato, especialmente del cono, a fin de poder hacer los cálculos correctamente.



7. Referencias

- Herrick, J.E., Jones, T.L. 2002. A dynamic cone penetrometer for measuring soil penetration resistance. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66, 1320–1324.
- Lampurlanés, J., Cantero-Martínez, C. 2003. Soil bulk density and penetration resistance under different tillage and crop management systems and their relationship with barley root growth. *Agron. J.* 95, 526–536.
- Vaz, C.M.P., Hopmans, J.W. 2001. Simultaneous measurement of soil penetration resistance and water content with a combined penetrometer–TDR moisture probe. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65, 4–12.

8. Lectura recomendada

- Limon-Ortega, A., Sayre, K.D., Drijber, R.A., Francis, C.A. 2002. Soil attributes in a furrow-irrigated bed planting system in Northwest Mexico. *Soil Tillage Res.* 63, 123–132.

Fecha de medición:/...../.....

Experimento: _____

Parcela	Medición	Profundidad	Número de impactos
	1	1	
	1	2	
	1	3	
	1	4	
	2	1	
	2	2	
	2	3	
	2	4	
	3	1	
	3	2	
	3	3	
	3	4	
	4	1	
	4	2	
	4	3	
	4	4	

