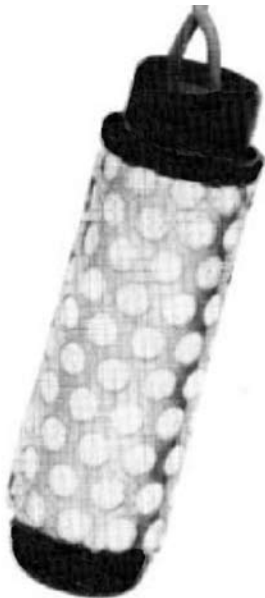


El control del riego mediante la tensión matricial del suelo

C.C. Shock, R. Flock, E. Feibert, C.A. Shock, A. Pereira y L. Jensen



Malheur Experiment Station, Oregon State University: *Clint C. Shock, director y profesor; Rebecca Flock, ayudante de investigaciones; Erik Feibert, ayudante de investigaciones senior; Cedric A. Shock, ayudante de investigaciones; Andre Pereira, profesor visitante (profesor adjunto, Departamento de Ciencias de Suelos e Ingeniería Agrícola, UEPG, Paraná, Brasil)*

Servicio de Extensión de Oregon State University, Condado de Malheur: *Lynn Jensen, director y especialista en el cultivo de patatas y cebollas*

Una de las herramientas más eficaces utilizadas por el Malheur Experiment Station durante las últimas dos décadas es el sensor matricial granular (o GMS por sus siglas en inglés), el cual mide la humedad del suelo. El sensor tiene sólo 7,5 cm de largo, y normalmente se entierra verticalmente en el suelo. Se conoce como el Watermark Soil Moisture Sensor, y está fabricado por Irrrometer Co., Riverside, CA.

De modo similar a los bloques de yeso, los sensores GMS utilizan para su funcionamiento el principio de la resistencia eléctrica variable. Los electrodos del GMS están empotrados en un relleno granular y situados debajo de una placa de yeso. Encima de la placa se encuentra más materia matricial granular envuelta por un tubo de malla que permite la entrada y salida del agua del sensor.

Disuelto en agua, el yeso es un conductor de electricidad bastante eficaz. Por eso, cuando el sensor contiene mucha agua, la corriente eléctrica fluye bien. Cuando hay mucha agua en el suelo, también hay mucha agua en el sensor. Mientras va secándose el suelo, el sensor también se seca, y la resistencia al flujo de electricidad aumenta.

La resistencia al flujo de electricidad (expresada en Ohms) y la temperatura del suelo se utilizan para calcular de forma aproximada la tensión de humedad en el suelo en centibares (cb). La tensión matricial del suelo (TMS) es la fuerza que las raíces de las plantas deben emplear para extraer agua del suelo. Esta tensión refleja el nivel de humedad en el suelo. Cuanto más alta la tensión, más seco está el suelo.

Otros instrumentos para la medición de la TMS son los tensiómetros, los bloques de yeso y los Irrigas.

¿Qué provecho sacan los cultivadores al usar sensores matriciales granulares?

Hasta ahora, el cultivador había de aprender a reconocer el momento preciso en que el suelo se había secado lo suficiente para regar. Incluso con años de experiencia y una intuición agrícola bien desarrollada resulta difícil elegir el momento

oportuno para regar, y también para determinar la cantidad óptima de agua para maximizar la cosecha. Ayudaría mucho disponer de unos puntos de referencia de TMS para programar el riego. La lectura digital de los GMS facilita precisamente estos puntos de referencia y ayuda al cultivador a mejorar el rendimiento y calidad de sus cultivos.

¿Cómo interpretar la escala de 0 a 100 cb de TMS?

Por lo general, un GMS instalado en un suelo de textura media indica lo siguiente:

- > 80 cb indica suelo seco.
- 20–60 cb es la TMS típica antes de regar, variando según el cultivo, la textura del suelo, la meteorología y el método de riego.
- 10–20 cb indica que el suelo está cerca de su capacidad máxima de retención de humedad.
- 0–10 cb indica que el suelo está saturado.

¿Qué otra información puede dar un GMS?

Un GMS puede indicar, por ejemplo, si la lluvia de anoche fue suficiente para regar un campo de cebollas. Puede indicar también si en un día nublado se reducirá suficientemente el consumo de agua en un campo de patatas (papas) como para posponer el próximo riego. Puede indicar si se ha de regar con mayor frecuencia en el mes de julio que en junio. Ya que los datos provienen directamente de la zona de raíces de su cultivo, es una información que complementa eficazmente sus conocimientos agrícolas.

¿Es factible usar la TMS para la programación del riego?

En el Malheur Experiment Station, utilizamos desde hace 20 años los GMS y podemos por tanto decir con seguridad que la respuesta es SÍ. No hay nada que pueda sustituir la vigilancia de un cultivador experto. Pero, imagínese un corredor de bolsa que posee mucha experiencia e intuición

financiera. ¿No tendría aún más éxito después de consultar en Internet la evolución de la bolsa? Lo mismo ocurre con el cultivador. Por ejemplo, una visita diaria a su campo de cebollas para leer seis o más GMS le ayudará a saber cuándo se debe regar. De hecho, usted normalmente podrá predecir la necesidad de riego con uno o dos días de anticipación.

Nuestras investigaciones nos han permitido determinar el umbral de TMS para varios cultivos en suelo franco limoso con diferentes técnicas de riego. Hemos constatado que el regar a estos valores críticos de TMS tiene beneficios importantes para los cultivos.

El umbral de TMS para el riego varía no sólo según el cultivo, sino también según la textura del suelo, factores meteorológicos y el método de riego. Se han establecido los valores umbral para una gran variedad de cultivos comerciales, teniendo en cuenta los varios tipos de suelo, condiciones meteorológicas y sistemas de riego.

¿Cómo puede el uso de la TMS maximizar los beneficios de los cultivadores?

- Menor consumo de agua—Un programa de riego basado en un umbral de TMS puede reducir el número de riegos en una temporada evitando el riego en exceso.
- Menor consumo de energía
- Menor estrés para los cultivos, lo cual puede reducir los problemas de plagas y enfermedades
- Evita la filtración profunda de nutrientes, especialmente el nitrógeno y el boro
- Evita la contaminación de las aguas subterráneas
- Menor desgaste en los equipos de riego

En nuestras investigaciones, hemos determinado que los cultivos regados según los criterios de TMS ofrecen mayor rendimiento económico, tamaño y calidad.

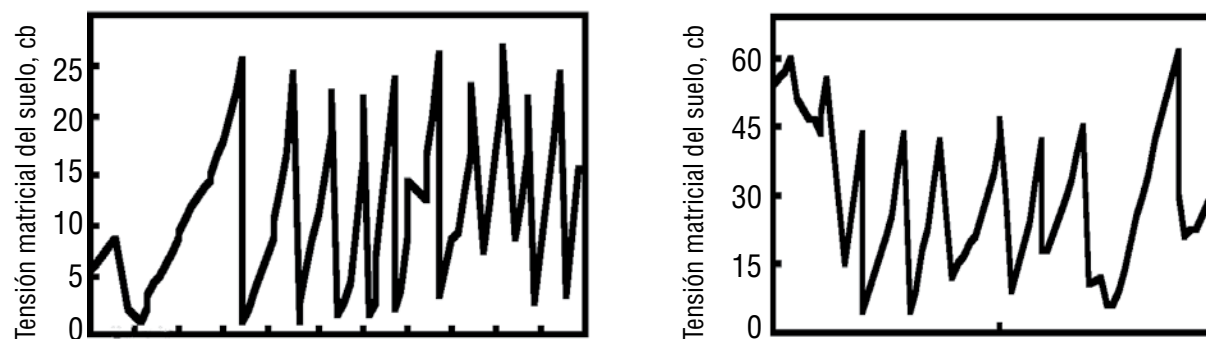


Figura 1. La variación en la tensión de humedad del suelo (TMS) durante una temporada de crecimiento para las cebollas regadas por surcos (izquierda) y las patatas regadas por aspersión (derecha).

¿Es difícil obtener los datos de TMS?

Se puede leer el GMS de varias maneras. Un método es el lector portátil Watermark Soil Moisture Meter (Model 30KTCD, Irrrometer Co., Riverside, CA). Este lector se usa como un voltímetro y se acopla manualmente a los alambres del sensor con una pinza cocodrilo. Es fácil de usar pero lleva tiempo recorrer el campo y leer los resultados. Se recomienda apuntar los datos registrados para compararlos a lo largo de un periodo.

Existen dataloggers que permiten el registro automático de los datos de GMS. El Hansen AM400 (Mike Hansen Co., Wenatchee, WA) y el Watermark Monitor (Irrrometer Co., Riverside, CA) son instrumentos que pueden instalarse en el límite del campo. Pueden programarse para registrar automáticamente los datos proporcionados por seis o siete GMS y un sensor de temperatura del suelo. Se pueden leer los datos en forma numérica o gráfica en el mismo datalogger, o descargarlos a un ordenador para leerlos mediante un gráfico de software o de una hoja de cálculo (vea la figura 1).

Pero mi campo es muy grande y el sensor muy pequeño...

La utilidad del GMS depende de la precisión con la que un grupo de sensores instalados por todo un campo refleja la humedad del suelo. Por eso es importante instalar los sensores en varios

sitios del campo que representen fielmente la zona de raíces media de una planta típica. Si un campo tiene distintas necesidades de agua, instale también sensores en las áreas representativas de cada zona.

Por lo general, los GMS se instalan en grupos de seis o siete para cada zona de riego. Cada GMS da información sobre la TMS sólo en el área más cercana al sensor. Ya que la TMS varía de un lugar a otro en un campo, y los sensores varían también, el uso de seis o más GMS dará datos más fiables que un sólo GMS.

Los sensores forman un circuito eléctrico sencillo. Por tanto, es muy fácil alargar los alambres del sensor utilizando un cable eléctrico normal. De este modo se pueden obtener datos de los sensores situados en el campo a varios metros de distancia del límite. Es importante mantener limpias y secas las conexiones entre los cables de extensión y los alambres del sensor.

¿Puedo yo mismo hacer la instalación?

La instalación es fácil y requiere pocas herramientas. Para abrir un agujero del tamaño adecuado para el sensor, se utiliza una sonda para muestras de suelo de un diámetro de 22 mm. No olvide que los GMS deben representar el nivel de humedad en todo el campo de producción, así que no escoja un sitio que sea excepcional.

La figura 2 (para suelos gruesos) y la figura 3 (para suelos limosos) muestran el proceso de instalación. Para facilitar la retirada de los sensores del campo, se puede pegar con adhesivo un tubo de PVC al sensor (vea la figura 2).

Los sensores darán datos exactos sólo si tienen buen contacto con el suelo. La profundidad adecuada para la instalación del sensor depende principalmente de la profundidad de la zona de raíces del cultivo. Sin embargo, también pueden estar afectados por la profundidad y textura del suelo. Para los cultivos con raíces poco profundas, es suficiente instalar los sensores a una profundidad menor de 30 cm. Para los cultivos con raíces profundas, instale también algunos sensores a una profundidad mayor dentro de la zona de raíces. La profundidad de la zona de raíces podría ser mayor en los suelos bien drenados que en los suelos barrosos o en aquéllos que tienen una capa de suelo compactado o drenaje inadecuado.

Para instalar un GMS, remoje el sensor durante varios minutos hasta que esté saturado. Luego, use una sonda para muestras de tierra para hacer un agujero en el suelo con un diámetro exterior que corresponda al diámetro del sensor. Ya que la parte sensible del GMS se encuentra a 2 cm encima de la punta, el agujero debe ser 2 cm más profundo que la longitud del sensor.

Los próximos pasos dependen de la textura del suelo. En caso de suelo grueso que no suele perder su estructura cuando está saturado, agregue 60–90 ml de agua al agujero y luego coloque el sensor en el fondo del mismo (vea la figura 2). Los suelos limosos tienden a perder su estructura cuando están saturados y pueden adherirse al sensor, impidiendo que el agua entre y salga del mismo. En estos suelos, coloque primero el sensor en el fondo del agujero y luego agregue 60–90 ml de agua (vea la figura 3).

Por último, y sin importar el tipo de suelo, rellene el agujero con tierra fina y use un tubo, barra de metal o palo de madera para compactar ligeramente el suelo. Esto impedirá la formación de un canal por el cual el agua podría llegar fácilmente al sensor (vea las figuras 2 y 3). Es importante evitar la formación de tales canales porque podrían cambiar artificialmente el nivel de humedad en el suelo y alterar los datos de TMS obtenidos por el GMS.

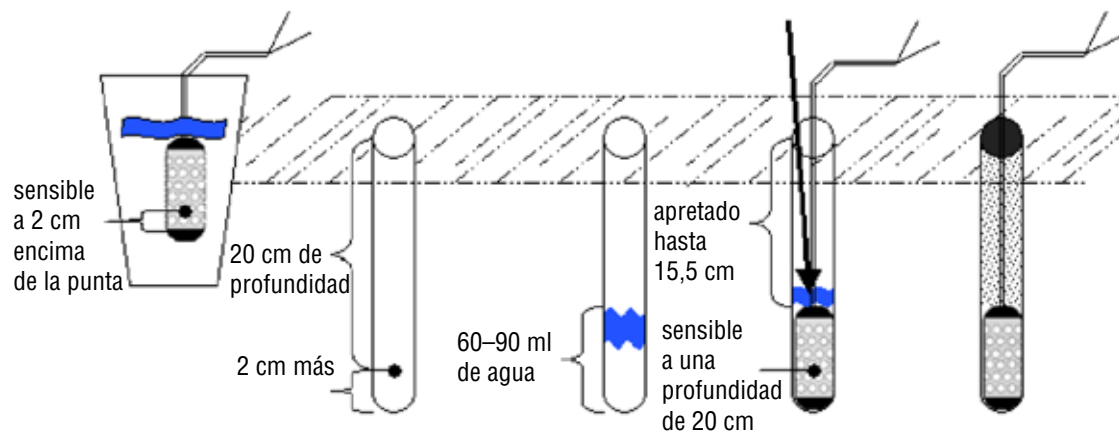
Localización y resolución de problemas

El sensor funciona a base de un circuito eléctrico. Un cable deshilachado puede causar un cortocircuito en el sensor, dando por resultado una lectura continua de cero. En otros casos un cable cortado causa un “circuito abierto”, el cual produce datos artificialmente altos. Si los sensores están mojados, deben dar resultados bajos. Algunas indicaciones de errores son los números 199 y 250, dependiendo de la marca del datalogger. No tire de los cables para retirar los sensores del suelo porque los podría dañar.

Incluso con el mantenimiento adecuado, los sensores tienen una vida útil limitada; tarde o temprano se desgastan o se debilita su sensibilidad. Cuando esto ocurra, reemplace el sensor. Compruebe los sensores en la primavera antes de usarlos; los sensores secos deben registrar un número alto, y los sensores remojados durante 90 segundos deben mostrar entre 0 y 4 cb.

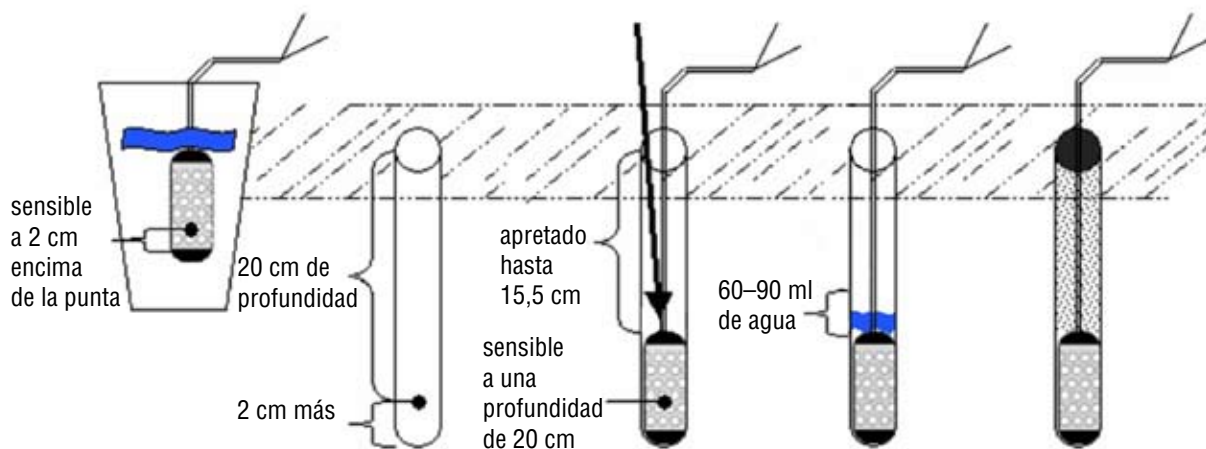
¿Cuánto cuesta un sistema GMS?

Los sistemas GMS son bastante económicos. Aumentan el rendimiento y calidad de los cultivos, y su uso favorece la economía en el consumo de agua, energía, fertilizantes y en otros costes de producción, lo que permite amortizar los gastos en poco tiempo.



1	2	3	4	5
Remoje el GMS durante varios minutos hasta que esté saturado.	Use una sonda de 22 mm para quitar el suelo hasta la profundidad adecuada para el sensor más 2 cm para la punta.	Agregue 60-90 ml de agua al agujero.	Use una espiga/clavija para introducir el sensor. Debe encajarse firmemente.	Rellene el agujero con tierra. Elimine las bolsas de aire.

Figura 2. Cómo instalar un GMS a una profundidad de 20 cm en suelo grueso.



1	2	3	4	5
Remoje el GMS durante varios minutos hasta que esté saturado.	Use una sonda de 22 mm para quitar el suelo hasta la profundidad adecuada para el sensor más 2 cm para la punta.	Use una espiga/clavija para introducir el sensor. Debe encajarse firmemente.	Agregue 60-90 ml de agua al agujero.	Rellene el agujero con tierra. Elimine las bolsas de aire.

Figura 3. Cómo instalar un GMS a una profundidad de 20 cm en suelo limoso.

Para obtener mayor información

- Shock, C.C., A. Corn, S. Jaderholm, L. Jensen, y C.A. Shock. 2002. Evaluation of the AM400 Soil Moisture Data Logger to Aid Irrigation Scheduling. Oregon State University, Malheur Experiment Station, Special Report 1038: 252–256. Disponible en el Internet al <http://www.cropinfo.net/AnnualReports/2001/Hansen2000.htm>
- Shock, C.C. y C.A. Shock. 2004. Comparison of the AM400 and Irrrometer Monitor for Precise Irrigation Scheduling. Oregon State University, Malheur Experiment Station Special Report 1055: 257–260. Disponible en el Internet al <http://www.cropinfo.net/AnnualReports/2003/HansenIrrrometer2003.htm>
- Shock, C.C. 2003. Soil water potential measurement by granular matrix sensors. En Stewart, B.A. y T.A. Howell (eds.). *The Encyclopedia of Water Science*. Marcel Dekker. p. 899–903.
- Shock, C.C., E.B.G. Feibert, M. Seddigh, y L.D. Saunders. 2002. Water requirements and growth of irrigated hybrid poplar in a semi-arid environment in Eastern Oregon. *Western Journal of Applied Forestry* 17:46–53.
- Shock, C.C., E.B.G. Feibert, y L.D. Saunders. 2000. Irrigation criteria for drip-irrigated onions. *HortScience* 35:63–66.

Para otras publicaciones sobre el manejo del riego, visite el sitio Web del Servicio de Extensión de OSU a <http://extension.oregonstate.edu/catalog/>

Fuentes de productos

- Watermark Soil Moisture Sensor—Irrrometer Co., Riverside, CA
- Hand-held Watermark Soil Moisture Meter (Model 30KTCD)—Irrrometer Co., Riverside, CA)
- Hansen AM400 Datalogger—Mike Hansen Co., Wenatchee, WA
- Watermark Monitor Datalogger—Irrrometer Co., Riverside, CA

Los productos y servicios de marcas específicas se mencionan en esta publicación solamente como ejemplos. Esto no significa la aprobación por parte del Servicio de Extensión (Extension Service) de Oregon State University ni la desaprobación de productos y servicios no incluidos.

Reconocimientos

La preparación de esta publicación fue financiada parcialmente por el Oregon Watershed Enhancement Board.

Resumen

- La TMS indica el nivel de humedad del suelo y ayuda a los cultivadores a decidir cuándo se debe regar, evitando así el riego inadecuado tanto por defecto como por exceso.
- Los cultivos sensibles al estrés hídrico cuando se riegan con precisión usando la TMS obtienen un mayor rendimiento y calidad que cuando reciben una cantidad de agua excesiva o inadecuada.
- La TMS óptima para un cultivo específico depende principalmente de la textura del suelo.
- Otros aparatos que miden la TMS son los tensiómetros, los bloques de yeso y los sensores matriciales granulares.
- En el Treasure Valley de Oregon, las cebollas cultivadas en suelo limoso margoso se riegan a una TMS de 20 a 25 cb. Las patatas cultivadas en el mismo tipo de suelo se riegan a una TMS de 30 a 60 cb, dependiendo del sistema de riego.
- El potencial del agua del suelo es el inverso de la TMS. Un potencial de agua del suelo de -20 cb es igual a una TMS de +20 cb. Los centibares (cb) son lo mismo que kilopascales (kPa).
- Los sensores matriciales granulares (GMS) dan buenas aproximaciones a la TMS en muchos tipos de suelos.
- El fácil registro de las lecturas de los sensores permite almacenar de forma sencilla los datos sobre las condiciones de la humedad del suelo para ayudar en la programación del riego.
- Es importante comprobar los sensores y cables con regularidad. Los dataloggers tienen unas necesidades de mantenimiento mínimas. Mantenga los dataloggers limpios y secos y reemplace las pilas cuando sea necesario.

© 2006 Oregon State University.

Esta publicación fue producida y distribuida a favor de las Actas del Congreso del 8 de mayo y el 30 de junio de 1914. El trabajo de Extensión es un programa de cooperación de Oregon State University (la Universidad Estatal de Oregon), el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y los condados de Oregon. El Servicio de Extensión (Extension Service) de Oregon State University ofrece programas educativos, actividades, y materiales sin discriminación basada sobre edad, color, incapacidades, identidad o expresión de identidad sexual, estado matrimonial, origen nacional, raza, religión, sexo, orientación sexual, o estado de veterano. El Servicio de Extensión de Oregon State University es una institución que ofrece igualdad de oportunidades.

Publicada en octubre de 2006.