

CONTROL DE LA HUMEDAD DEL SUELO EN UN CULTIVO DE PIMIENTO

F. CONTRERAS
J. LÓPEZ
L. GUERRERO
A. GONZÁLEZ

IMIDA. Estación Sericícola. C/ Mayor s.n. 30150 La Alberca (Murcia).

RESUMEN

La eficiencia del riego por goteo puede ser mejorada si se dispone de datos *in situ* que permitan conocer el contenido de agua en el suelo a diferentes profundidades antes y después de los riegos. Las sondas que funcionan mediante capacitancia permiten la investigación de la variación temporal y espacial de la humedad del suelo con gran resolución. El objetivo de este trabajo es evaluar de modo preliminar la aplicación del Diviner 2000 (Sentek) para la monitorización de la humedad del suelo en un invernadero con cultivo de pimiento.

Se determinó la textura del suelo de cultivo hasta una profundidad de 90 cm. Se tomaron varios pares de lecturas en 12 sondas y cuatro profundidades (-10, -20, -30 y -40 cm). Una primera lectura se realizaba recién finalizado un riego (pasada una hora) y una segunda inmediatamente antes de comenzar el riego siguiente.

Del análisis de los datos se desprende que el contenido volumétrico de agua en el suelo ha presentado más oscilaciones en el nivel -10 cm (entre 17 y 26%), mientras que en el nivel -20 ha tenido valores más constantes (entre 31 y 36%) y más cercanos a la capacidad de campo, si bien por encima. Los contenidos volumétricos de agua en capas inferiores (-30 y -40 cm) han sido permanentemente muy elevados.

INTRODUCCIÓN

La eficiencia del riego por goteo puede ser mejorada si se dispone de datos *in situ* que permitan conocer el contenido de agua en el suelo a diferentes profundidades antes y después de los riegos. La interpretación de estos datos permitiría evaluar las variaciones de humedad en el perfil del suelo y podría ser de utilidad en la toma de decisiones. Resulta pues de interés la monitorización del contenido de agua en el suelo para un mejor ajuste de los riegos.

Las sondas que funcionan mediante capacitancia permiten la investigación de la variación temporal y espacial de la humedad del suelo con gran resolución, y pueden medir un amplio rango de humedad (Starr y Platineanu, 1998, y Wu, 1998).

Un *condensador* consta de dos conductores con cargas iguales y opuestas separadas una distancia muy pequeña comparada con sus dimensiones, con una diferencia de potencial V entre ellos. La capacitancia C de cualquier condensador, se define como la razón de la magnitud de la carga Q en cualquiera de los conductores y la magnitud de la diferencia de potencial V . La unidad (Sistema Internacional) de la capacitancia es el coulomb por voltio, o faradio (F), de modo que $1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$.

Debido a la elevada constante dieléctrica del agua, el aumento del contenido de agua entre los dos conductores produce el incremento de la capacitancia (Ruth, 1999).

La utilización de esta técnica ha dado lugar a numerosos estudios sobre la calibración de la sonda, para encontrar relación directa entre el contenido de agua del suelo y la señal leída por la sonda (Bell *et al.*, 1987; Chanzy *et al.*, 1998; Gardner *et al.*, 1998; Groves y Rose, 2004). La ecuación de calibrado depende de la textura del suelo, por lo que los resultados de los cuantiosos ensayos realizados, especialmente en laboratorio, son de difícil aplicación real en otro tipo de suelos.

El objetivo de este trabajo es evaluar de modo preliminar la aplicación del Diviner 2000 (Sentek) para la monitorización de la humedad del suelo en un invernadero con cultivo de pimiento. Se trata de observar las variaciones en el contenido de agua del suelo a diferentes profundidades, producidas por los riegos efectuados según el criterio propio del agricultor.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un cultivo de pimiento cultivar Almodén, tipo semilargo, en un invernadero multitúnel dividido en cuatro módulos. La plantación se efectuó el 21 de diciembre de 2004. El marco de plantación fue de $1 \times 0,4 \text{ m}$ y se situó un gotero por planta, con un caudal de 3 l/h. Las dosis y frecuencia de riego fueron determinadas por el agricultor. Para la planificación del riego no fueron tenidas en cuenta las lecturas de las sondas. El plan de riegos fue:

- Diciembre, enero, febrero, marzo: 1 riego/semana
- Abril: 2 riegos/semana
- Desde 25 de abril: 3 riegos/semana
- Desde 16 de mayo: 7 riegos/semana

Cada riego tuvo media hora de duración, es decir se aplicaba un volumen de 1,5 litros por planta.

Se determinó la textura del suelo de cultivo. Se escogió un punto cercano al centro de cada módulo. Mediante una barrena se extrajeron las tres muestras de suelo, a profundidades de 0 a 30 cm, de 30 a 60 cm, y de 60 a 90 cm. Para los análisis granulométricos de las doce muestras se utilizó el método del densímetro de Bouyoucos (BOE, 1976).

El control de la humedad del suelo se realizó tomando lecturas de SF (*scaled frequency*) mediante la sonda portátil DIVINER 2000 (Sentek) a 10, 20, 30 y 40 cm de profundidad, después de un determinado riego y antes del riego consecutivo (tabla 1).

Los puntos de muestreo, un total de doce, se distribuyeron proporcionalmente entre los cuatro módulos. Cada punto consiste en un tubo de acceso en PVC situado de forma

permanente en el suelo, herméticamente cerrado (con una tapa que se retira para el acceso de la sonda) y que alcanza una profundidad de 50 cm.

Por tanto, las lecturas se tomaron en doce puntos, tres en cada uno de los cuatro módulos, y a las cuatro profundidades citadas, por lo que cada control de humedad consta de doce muestras en cada una de las profundidades.

Se transformaron los datos de SF a θ_v (% gravimétrico de humedad) mediante la ecuación:

$$SF = a \cdot \theta_v^b$$

Los valores de a y b utilizados fueron los correspondientes a la calibración que la sonda contiene por defecto:

$$a = 0,2746$$

$$b = 0,3314$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis granulométrico

Del análisis granulométrico se obtuvieron los resultados que se exponen en las tablas 2 y 3. Se puede observar que en general las muestras presentan textura franco arcillosa, si bien al adoptar la clasificación USDA una muestra resulta arcillo arenosa, y otras dos se encuentran en el límite entre ambas texturas. La clasificación según el sistema internacional no ofrece diferencias entre las texturas de las doce muestras. En este caso todas se encuadran en la textura franco arcillosa.

Evolución del contenido de agua en el suelo

Los valores de humedad volumétrica se expresan en tanto por ciento. Un valor 0% corresponde a ausencia de agua en el suelo, mientras que un valor 50% significa que el suelo está saturado. Para la interpretación de los datos obtenidos es preciso tener en cuenta que, según se expresó anteriormente, la ecuación de calibrado utilizada fue la que la sonda incluye por defecto; es decir, la sonda no fue calibrada específicamente para el suelo del invernadero. Los contenidos de humedad deben por tanto tomarse como meras referencias, en las que se debe dar más importancia a los incrementos y a las variaciones relativas que a los valores absolutos.

La lectura inicial realizada el 18 de enero tras un riego copioso muestra contenidos de agua muy elevados (tabla 4), si bien el punto de muestreo más superficial presenta un valor cercano a la capacidad de campo (ver referencias en el gráfico 3).

Los datos obtenidos en las lecturas efectuadas en los meses de abril y mayo permiten realizar varias observaciones. Estos datos, representados en el gráfico 1, reflejan que los porcentajes de humedad a una determinada profundidad han sido siempre inferiores a los contenidos en un nivel más profundo. De este modo, la humedad media en el perfil -10 cm fue del 24,88%, a -20 cm de 32,81%, a -30 cm de 35,91% y a -40 cm de 38,86%. Analizando los valores medios a 30 y a 40 cm de profundidad, se aprecia que el suelo ha estado permanentemente por encima del contenido en agua considerado como *capacidad de campo*. La zona de suelo cercana a los 20 cm de profundidad ha estado continuamente cerca este estado, mientras que la capa más superficial es la que mayores oscilaciones ha experimentado.

De acuerdo con las observaciones anteriores, los decrementos de humedad entre cada dos riegos en las diferentes profundidades son significativamente diferentes (tabla 5 y gráfico 2). Así en el nivel -10 cm se ha producido una disminución media del porcentaje de agua de 3,77 puntos, mientras que en el nivel -20 cm la disminución ha sido de 1,64. En las capas de más profundidad las variaciones han sido considerablemente menores, no alcanzando nunca el valor 1. Se aprecia también que las oscilaciones de humedad han sido mayores en períodos de menor frecuencia de riego.

Similares observaciones se pueden formular al estudiar los datos reflejados en la tabla 6. La variación (disminución) media del contenido de agua en el suelo entre cada dos riegos ha sido del 85% en el nivel -10 cm, del 95% en el nivel -20 cm y del 98 y 99% en los niveles más profundos.

Se puede considerar que los niveles de humedad en la zona de mayor desarrollo radicular (entre 5 y 30 cm de profundidad) no son constantes en profundidad, sino que aumentan con la profundidad. El contenido de agua a -20 cm es en teoría el más apropiado para el desarrollo de las raíces, pero la observación de niveles elevados de humedad a 30 y a 40 cm plantea la duda de hasta qué nivel de profundidad alcanza el bulbo húmedo. Según esto, cabría la posibilidad de mejorar la eficiencia del riego, quizás mediante el aumento de la frecuencia y la disminución del volumen de los riegos.

CONCLUSIONES

- La clasificación granulométrica del suelo de cultivo entre los 0 y los 90 cm de profundidad según el sistema internacional, es franco arcillosa.
- La sonda de capacitancia utilizada es una herramienta de cómodo manejo, tanto en campo como en el tratamiento de los datos.
- El proceso de colocación de los tubos de acceso constituye una fase crítica de cara a la fiabilidad de los datos que se obtengan posteriormente.
- La humedad volumétrica media a -10 cm es la que ha presentado mayores oscilaciones, y siempre se ha mantenido en niveles menores a la capacidad de campo.
- La humedad volumétrica media a -20 cm es la que se ha mantenido permanentemente más cercana a la capacidad de campo, si bien en niveles por encima de ella.
- A -30 cm, y especialmente a -40 cm, la humedad del suelo ha estado permanentemente en niveles excesivamente elevados, siempre por encima de la capacidad de campo.
- En términos generales, se observa una estabilización de la humedad del suelo cuando la frecuencia de riego es mayor.
- La utilización de la sonda de capacitancia resulta de interés como fuente de datos para la toma de decisiones en la planificación del riego, permitiendo establecer de modo inmediato la necesidad de variar la frecuencia o/y la dosis de riego.

BIBLIOGRAFÍA

BELL, J.P., DEAN, T.J. y HODNETT, M.G., 1987. Soil-moisture measurement by an improved capacitance technique.2. Field techniques, evaluation and calibration. *Journal of Hydrology* 93 (1-2). Collingwood.

- CHANZY, A., CHADOEUF, J., GAUDU, J.C., MOHRATH, D., RICHARD G. y BRUCKLER, L., 1998. Soil moisture monitoring at the field scale using automatic capacitance probes. *European Journal of Soil Science* 49 (4). Oxford.
- BOE, 1976. Orden de 5 de diciembre de 1975 por la que se aprueban como oficiales los métodos de análisis de suelos y aguas. *Boletín Oficial de Estado* n.º 78 (1) Pp. 6477-6479. Madrid.
- GARDNER C.M.K., DEAN, T.J. y COOPER, J.D., 1998. Soil water content measurement with a high-frequency capacitance sensor. *Journal of Agricultural Engineering Research* 71 (4). Londres.
- GROVES, S.J. y ROSE, S.C., 2004. Calibration equations for Diviner 2000 capacitance measurements of volumetric soil water content of six soils. *Soil Use and Management* 20 (1). Wallingford.
- RUTH B., 1999. A capacitance sensor with planar sensitivity for monitoring soil water content. *Soil Science Society of America Journal* 63 (1). Madison.
- STARR, J.L. y PLATINEANU, I.C., 1998. Soil water dynamics using multisensor capacitance probes in nontraffic interrows of corn. *Soil Science of America Journal* 62 (1). Madison.
- WU, K.G., 1998. Measurement of soil moisture change in spatially heterogeneous weathered soils using a capacitance probe. *Hydrological Processes* 12 (1). Sussex.

Tabla 1. Fechas en las que se realizaron los controles

Pares de lecturas	Fecha tras un riego (lectura 1)	Fecha antes del riego siguiente (lectura 2)
A (lectura inicial)	18 de enero	
B	4 de abril	7 de abril
C	22 de abril	25 de abril
D	6 de mayo	9 de mayo
E	30 de mayo	31 de mayo
F	31 de mayo	1 de junio

Tabla 2. Resultados granulométricos. Texturas según el sistema USDA

MÓDULO	Profundidad cm	% Arena (2-0,01 mm)	% Limo (0,01-0,002 mm)	% Arcilla (<0,02 mm)	Textura
1	0-30	47	16	37	Arcillo-Arenoso
1	30-60	45	17	38	Arcillo-Arenoso Franco-Arcilloso
1	60-90	43	20	37	Franco-Arcilloso
2	0-30	44	21	35	Franco-Arcilloso
2	30-60	45	19	36	Arcillo-Arenoso Franco-Arcilloso
2	60-90	40	25	35	Franco-Arcilloso
3	0-30	37	25	38	Franco-Arcilloso
3	30-60	37	25	38	Franco-Arcilloso
3	60-90	34	31	35	Franco-Arcilloso
4	0-30	42	25	33	Franco-Arcilloso
4	30-60	39	27	34	Franco-Arcilloso
4	60-90	42	27	31	Franco-Arcilloso

Tabla 3. Resultados granulométricos. Texturas según el sistema internacional

MÓDULO	Profundidad cm	% Arena (2-0,02 mm)	% Limo (0,02-0,002 mm)	% Arcilla (<0,02 mm)	Textura
1	0-30	39	24	37	Franco-Arcilloso
1	30-60	35	27	38	Franco-Arcilloso
1	60-90	35	28	37	Franco-Arcilloso
2	0-30	38	27	35	Franco-Arcilloso
2	30-60	37	27	36	Franco-Arcilloso
2	60-90	32	33	35	Franco-Arcilloso
3	0-30	31	31	38	Franco-Arcilloso
3	30-60	31	31	38	Franco-Arcilloso
3	60-90	25	40	35	Franco-Arcilloso
4	0-30	34	33	33	Franco-Arcilloso
4	30-60	32	34	34	Franco-Arcilloso
4	60-90	36	33	31	Franco-Arcilloso
Media e intervalo de confianza (95%)		33,75 ± 2,44	30,67 ± 2,75	35,58 ± 1,39	

Media 0-30 cm	35,5	28,75	35,75
Media 30-60 cm	33,75	29,75	36,5
Media 60-90 cm	32	33,5	34,5

Tabla 4. Contenidos medios de humedad volumétrica (%)

Lecturas	Profundidad (cm)			
	10	20	30	40
A (inicial)	33,03	38,41	40,15	39,88
B1	28,77	36,12	38,59	40,90
B2	25,97	34,84	38,10	40,86
C1	23,60	31,62	35,58	40,05
C2	17,92	28,66	33,51	39,06
D1	24,37	30,62	32,80	37,09
D2	19,70	28,95	32,75	36,96
E1	26,57	33,28	35,77	37,96
E2	23,79	32,36	35,66	38,08
F1	26,45	33,72	36,32	38,36
F2	23,54	32,34	35,72	38,24
Media	24,88	32,81	35,91	38,86

Tabla 5. Diferencias medias entre lecturas

	Profundidad (cm)			
	10	20	30	40
B2-B1	-2,79	-1,28	-0,49	-0,03
C2-C1	-5,68	-2,96	-2,07	-0,99
D2-C1	-4,66	-1,68	-0,05	-0,13
E2-E1	-2,79	-0,92	-0,11	0,12
F2-F1	-2,91	-1,38	-0,60	-0,13
Media	-3,77	-1,64	-0,66	-0,23

Tabla 6. Variaciones relativas medias entre lecturas

	Profundidad (cm)			
	10	20	30	40
B2/B1	0,90	0,96	0,99	1,00
C2/C1	0,76	0,91	0,94	0,98
D2/D1	0,81	0,95	1,00	1,00
E2/E1	0,90	0,97	1,00	1,00
F2/F1	0,89	0,96	0,98	1,00
Media	0,85	0,95	0,98	0,99

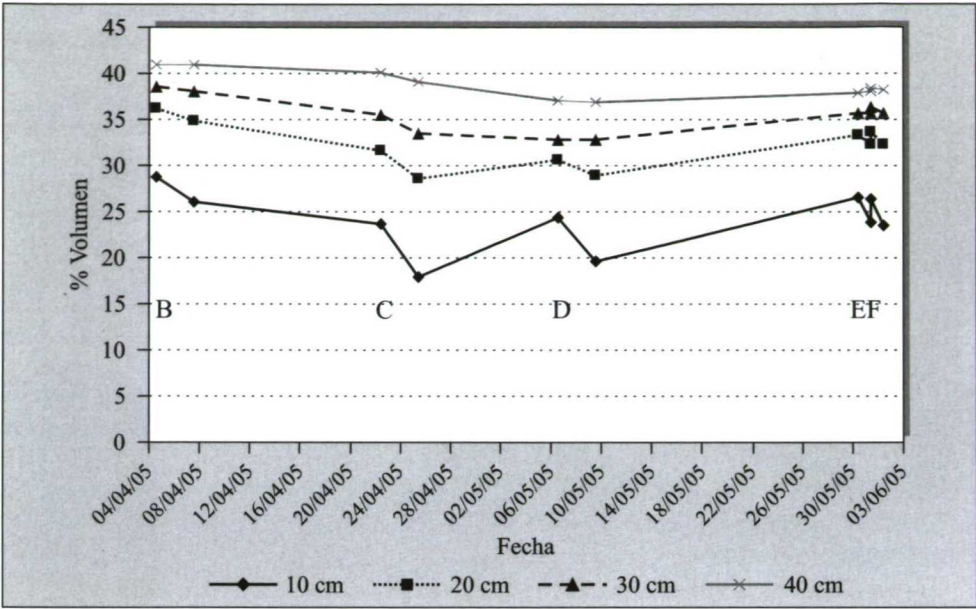


Figura 1

CONTENIDO MEDIO DE AGUA EN EL SUELO A DIFERENTES PROFUNDIDADES

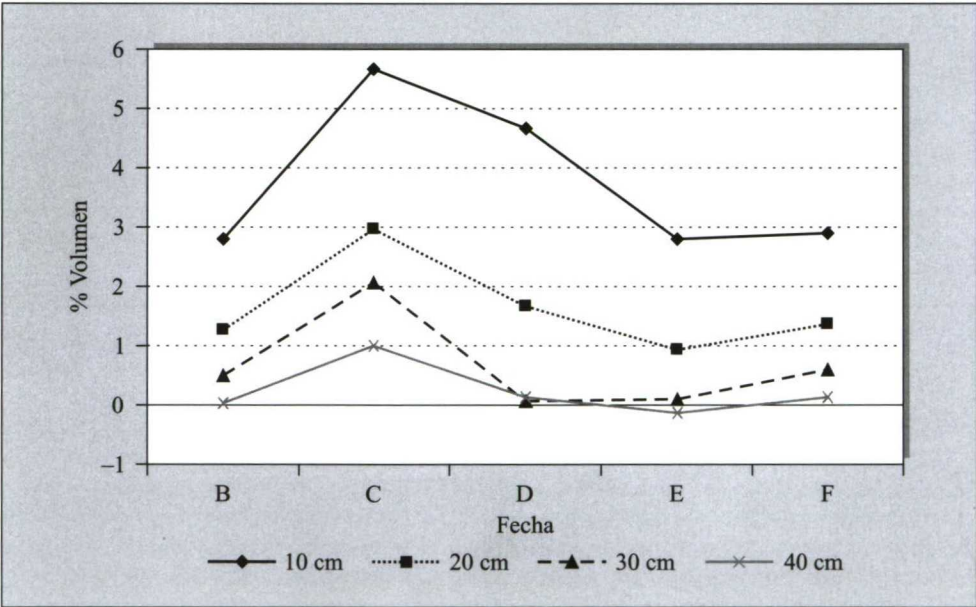


Figura 2

INCREMENTOS MEDIOS DEL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO ENTRE DOS RIEGOS A DIFERENTES PROFUNDIDADES

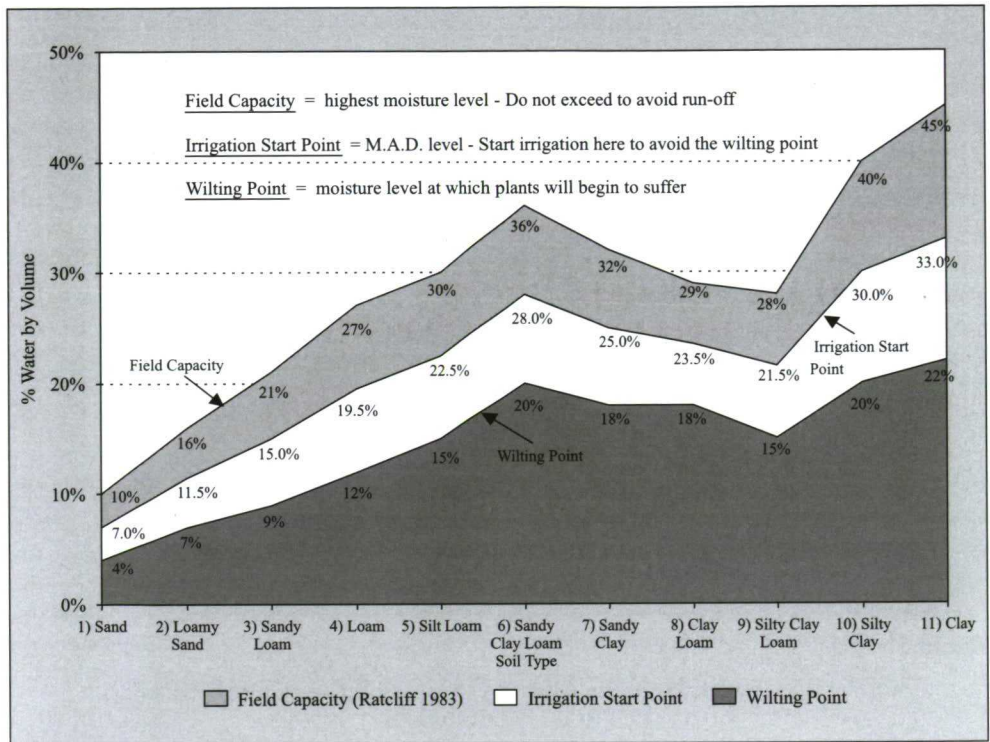


Figura 3

RANGOS DE HUMEDAD DEL SUELO PARA DIFERENTES TEXTURAS

ENSAYO DE PORTAINJERTOS EN PIMIENTOS TIPO CALIFORNIA 2003-2004

ANTONIO AGUILAR RODRÍGUEZ
JOAQUÍN PARRA GALANT
JUAN DE DIOS GAMAYO DÍAZ

Del S.D.T.

RESUMEN

Se ensayaron cinco portainjertos de pimiento sobre los que se injertó un cultivar «tipo california» que, al mismo tiempo, fue utilizada como testigo (sin injertar).

En el análisis de la producción precoz se observaron diferencias en todos los parámetros analizados: producción comercial, pesos medios, destrío y primera calidad.

En la producción final también se observaron diferencias pero solamente en los pesos medios.

El «testigo» (cultivar sin injertar), encabeza siempre las producciones.

También se apreciaron diferencias entre los distintos portainjertos.

INTRODUCCIÓN

La búsqueda de métodos alternativos a la desinfección de suelos está propiciando la investigación y puesta a punto de nuevos portainjertos en el cultivo del pimiento.

La necesidad de conocer el comportamiento del material vegetal que está apareciendo en el mercado nos hizo plantear este ensayo.

OBJETIVOS

Estudiar los parámetros relacionados con la afinidad, el vigor, la precocidad, el rendimiento y el comportamiento ante los problemas sanitarios derivados del suelo.

LUGAR

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Agraria de Elche (Alicante).