

El riego por goteo: Una introducción

C.C. Shock y T. Welch



Riego de parras con tubería de goteo.

Clint C. Shock, director y profesor, Malheur Experiment Station, Oregon State University, y Teresa Welch, Wild Iris Communications, Corvallis, OR

El riego por goteo suministra agua de manera lenta y uniforme a baja presión a través de mangueras de plástico instaladas dentro o cerca de la zona radicular de las plantas. Es una alternativa a los sistemas de riego por aspersores o surcos.

¿Por qué usar el riego por goteo?

El riego por goteo puede reducir el uso de agua. Un sistema de riego por goteo bien diseñado pierde muy poca agua porque hay poco escurrimiento, evaporación o percolación profunda en suelo limoso. Con el riego por goteo hay menos contacto del agua con el follaje, los tallos y los frutos. Por eso, las condiciones son menos favorables para el desarrollo de enfermedades en las plantas. Con un buen programa de riego que cubre las necesidades de las plantas, es posible aumentar el rendimiento y la calidad de la cosecha.

Los agricultores y profesionales a menudo hablan del “riego por goteo subsuperficial”, RGS. Si la manguera o cinta de riego está instalada bajo la superficie del suelo, hay menos riesgo de que sea dañado debido a la radiación UV o las operaciones de labranza o eliminación de maleza. Con el RGS, se maximiza la eficiencia del riego porque hay poco escurrimiento y evaporación.

La aplicación de productos químicos agrícolas es más eficiente a través del riego por goteo. Debido a que la aplicación de agua está limitada a la zona radicular, es menos probable que el nitrógeno que se encuentra en el suelo se pierda a través de la percolación profunda (lixiviación). Además, el uso de fertilizante es más eficaz, y a menudo es posible usar menos insecticida. Asegúrese de que la etiqueta del insecticida permite la aplicación a través del riego por goteo, y siga todas las instrucciones en la etiqueta.

El riego por goteo también ofrece las siguientes ventajas:

- ◆ Los sistemas de riego por goteo son apropiados para los campos de forma irregular o donde la topografía o textura del suelo no es uniforme. Hay que tener en cuenta estos factores al diseñar el sistema de riego. Los sistemas de riego por goteo también son una buena opción donde hay altas tasas de infiltración, formación

de charcos o un exceso de escurrimiento en algunas partes del campo.

- ◆ El riego por goteo es útil si el agua es escasa o costosa. Con menos evaporación, escurrimiento y percolación profunda, y con mayor uniformidad de aplicación, no es necesario aplicar un exceso de agua a ciertas áreas del campo para asegurar que otras reciban suficiente agua.
- ◆ La aplicación de nutrientes es más precisa con el riego por goteo. De este modo, se pueden reducir los gastos en fertilizantes y la pérdida de nitratos. Además, se puede escoger el mejor momento para fertilizar y satisfacer las necesidades de las plantas.
- ◆ Es posible diseñar y manejar un sistema de riego por goteo de tal manera que el área entre hileras se mantenga seca, permitiendo así operaciones de tractores en cualquier momento. Esto facilita la aplicación de herbicidas, insecticidas y fungicidas en el momento más oportuno.
- ◆ Un aumento en el rendimiento y calidad es posible mediante la programación precisa del riego, la cual se hace posible con el sistema por goteo. Se han observado aumentos en rendimiento y calidad de cebolla, lúpulo, brócoli, coliflor, lechuga, melón, tomate, algodón y otros cultivos.
- ◆ Se puede automatizar un sistema de riego por goteo. Para ver un ejemplo de un sistema de riego por goteo automatizado, vea Shock et al., 2011 (vea “Recursos adicionales”, página 9).

El riego por goteo también tiene algunas desventajas.

- ◆ Por lo general, la instalación de un sistema de riego por goteo cuesta entre \$2,965 a \$4,200 por hectárea (\$1,200 a \$1,700 por acre). Estos gastos no incluyen el costo del equipo para instalar o recoger las cintas o mangueras de goteo si el sistema no es permanente. Un sistema de goteo para vegetales anuales, tales como la cebolla, cuesta alrededor de

\$2,965 por hectárea (\$1,200 por acre)—aproximadamente \$2,225 (\$900) en gastos capitales (bombas, sistema de filtración y distribución de agua) y \$740 (\$300) en gastos anuales para la cinta de goteo. Los sistemas de goteo basados en mangueras con emisores interlíneas se usan con más frecuencia para las uvas, lúpulo y huertos de frutas. Estos sistemas cuestan entre \$4,200 por hectárea (\$1,700 por acre) a \$5,190 (\$2,100) y pueden durar de 12 a 15 años.

Una de las razones por la gran variabilidad en el costo por hectárea o acre de las mangueras de goteo es la diferencia en la distancia entre hileras de plantas. Por ejemplo, la distancia entre las hileras de parras de uvas es menor que aquella entre las plantas de lúpulo. Por eso se usa una cantidad mucho mayor de cinta en vid, aumentando el costo. Las mangueras duras con emisores a presión se usan con más frecuencia sobre el terreno y en invernaderos. El costo de estos sistemas varía mucho según su complejidad.

A veces se instala un sistema más complicado o costoso de lo necesario. Para los agricultores que adoptan el riego por goteo por primera vez, es una buena idea comenzar con un sistema sencillo y un área limitada.

- ◆ Hay que tomar medidas para evitar daños en las mangueras o cintas y la formación de sedimentos. Las partículas finas de suelo u otros materiales pueden obstruir los emisores si no se usa un filtro para eliminarlas del agua de riego. Las algas y los depósitos químicos también pueden formar obstrucciones en los emisores. La filtración y la inyección de ácido o cloro son soluciones a estos problemas que se tratan en las secciones tituladas “Manejo y mantenimiento del sistema”, página 4, y “Mantenimiento del sistema”, página 7. Vea también el sitio de Internet “Maintenance of microirrigation systems” (“Sitios de Internet”, página 7).

- ◆ A veces es necesario modificar el programa de control de maleza. Algunos herbicidas necesitan lluvia o riego por aspersores para ser activados. Sin embargo, el riego por goteo puede reducir poblaciones de maleza o problemas con maleza en las zonas áridas porque la mayoría de la superficie del suelo se queda seca. Hay que instalar la cinta a la profundidad correcta para el cultivo específico y para que no impida las operaciones de labranza y control de maleza.
- ◆ Con la excepción de sistemas permanentes, hay que recoger la cinta después de la cosecha y desecharla, reciclarla, o reutilizarla. Cualquiera de estas opciones representa un gasto adicional.

A pesar de la cantidad de beneficios potenciales del riego por goteo, los agricultores deben saber que la conversión a este sistema puede aumentar los gastos de producción, sobre todo si ya existe otro sistema de riego. La conversión vale la pena solo si el riego por goteo ofrece ventajas económicas.

Componentes y diseño

Hay una gran variedad de componentes y opciones para el diseño del sistema. El Digital Drip Directory (vea la página 7) ofrece una lista

de equipo y vendedores. Hay gran variación en las especificaciones de la cinta, mangueras y emisores de goteo, dependiendo del fabricante y el uso del producto (Tabla 1). El sistema de distribución, las válvulas y las bombas deben ser adecuados para la cinta específica. Hay que tener en cuenta las necesidades del cultivo y las propiedades del suelo antes de escoger el tipo de cinta, la profundidad de la cinta en el suelo, la distancia entre cintas y emisores, la tasa de flujo y el programa de riego. Para los cultivos perennes, por ejemplo las parras o los álamos, por lo general se usan mangueras en lugar de cinta.

El agua emitida por la manguera o cinta de riego debe alcanzar las raíces de las plantas. La selección de distancia entre emisores y profundidad de la cinta depende del sistema radicular de las plantas y las propiedades del suelo. Las plantas de semillero tienen un sistema radicular limitado, sobre todo a principios de la temporada.

Un sistema de riego por goteo debe ser planificado y diseñado con cuidado. El diseño debe tener en cuenta el efecto de la topografía (inclinación y curvas de nivel) sobre los requisitos de presión y flujo. Para asegurar uniformidad en la aplicación de agua tenga en cuenta los siguientes factores: el tipo de cinta, la longitud de

Tabla 1. Tipos de sistemas de riego por goteo.

Tipo de sistema	Diámetro interno (cm) (pulg.)	Grosor de pared (mm) (mil)	Distancia entre emisores (cm) (pulg.)	Tasa de flujo de emisores (L/h) (gal/h)
Cinta de goteo	0.955–3.495 0.375–1.375	0.1–0.9 4–35	5–91 2–36	0.25–3.20 0.07–0.84
Tubería de goteo con emisores interlíneas	1.040–2.030 0.410–0.800	0.6–1.2 23–47	30–152 12–60	1.50–6.80 0.40–1.80
Mangueras duras con emisores a presión	0.32–3.8 0.125–1.5*	0.7–3.2 29–125	diseño especial	1.90–15.15 0.50–4.0*

*Para los sistemas de mangueras duras, están disponibles mangueras de mayor diámetro y emisores micro rociadores con mayor tasa de flujo.

las cintas, la topografía y la necesidad de limpiar las cintas de vez en cuando. De ser necesario, el sistema debe incluir válvulas de escape.

Para diseñar un sistema de riego por goteo, primero identifique las zonas de riego, es decir las áreas con características semejantes. Las zonas de riego deben basarse sobre varios factores: la topografía, la longitud del campo, la textura del suelo, la longitud óptima de la cinta y la capacidad del filtro. Los ingenieros que diseñan sistemas de riego utilizan computadoras para analizar estos factores y diseñar sistemas de riego por goteo eficientes. Una vez diseñado e instalado el sistema de riego es posible programar el riego, para satisfacer las necesidades específicas de los cultivos en cada zona.

Tenga en cuenta las limitaciones en el suministro de energía y agua. Envíe una muestra de agua a un laboratorio calificado para evaluar el riesgo de formación de obstrucciones en los emisores. Si hay problemas con la calidad del agua, estos pueden limitar la utilidad del sistema y aumentar su costo. Los filtros deben tener capacidad para casos extremos.

Para excelentes recursos sobre la evaluación de la calidad de agua y el mantenimiento de filtros, vea *Filtration and Maintenance Considerations for Subsurface Drip Irrigation (SDI) Systems* (“Otras publicaciones”, página 8).

Finalmente, no se olvide de incluir inyectores para la quimigación, además de medidores de flujo para monitorear la eficiencia del sistema.

Filtros y bombas

Cuando el agua es escasa cada gota es importante. Si los filtros no funcionan bien se puede perder mucha agua. Además, el sistema de riego será menos eficaz y la aplicación de agua menos precisa.

En el oeste de los Estados Unidos los filtros de arena son muy comunes para los sistemas de micro riego. Los filtros de malla y filtros de disco son otras opciones o pueden complementar los filtros de arena.

Los filtros de arena son equivalentes a la malla de 200 mesh (200 hilos/pulgada o 79/cm). Esta es la capacidad necesaria para eliminar las partículas encontradas en el agua superficial y el agua de canales abiertos. Estas aguas contienen mucha gravilla fina y materia orgánica, y hay que eliminarlas antes de que el agua pase por los emisores.

Los filtros de arena tienen un mecanismo de auto limpieza por flujo inverso. Este mecanismo detecta la reducción de presión que ocurre cuando las partículas se acumulan en el filtro. Luego pasa el agua por el filtro en sentido inverso para eliminar las partículas de arcilla, limo y materia orgánica.

El tamaño de la arena en los filtros debe ser entre 16 y 20 para que el agua no pueda pasar en sentido inverso con demasiada facilidad. Ya que se necesita agua limpia de un filtro para pasar en sentido inverso por otro filtro, normalmente se usan por lo menos dos filtros de arena.

Se puede usar un filtro de malla para atrapar las partículas orgánicas grandes antes de que el agua alcance el filtro de arena. Otra opción es usar un filtro de malla entre el filtro de arena y la manguera de riego (Figura 1, página 5). Para mayores resultados, los filtros deben atrapar las partículas cuatro veces más pequeñas que el tamaño de la abertura del emisor, porque las partículas pueden formar sedimentos y obstruir los emisores. Los filtros de malla pueden servir de sistema de respaldo si el filtro principal falla. Si el agua proviene de una fuente subterránea limpia, un filtro de malla puede actuar como filtro principal.

Manejo y mantenimiento del sistema

En el caso de cultivos perennes, si las mangueras de goteo están instaladas sobre la superficie de la tierra, se deben levantar de vez en cuando para que la tierra, las hojas y otros escombros no cubran la manguera. De otro modo, las raíces pueden crecer por encima de la manguera, sujetándola al suelo y finalmente reduciendo el flujo de agua.

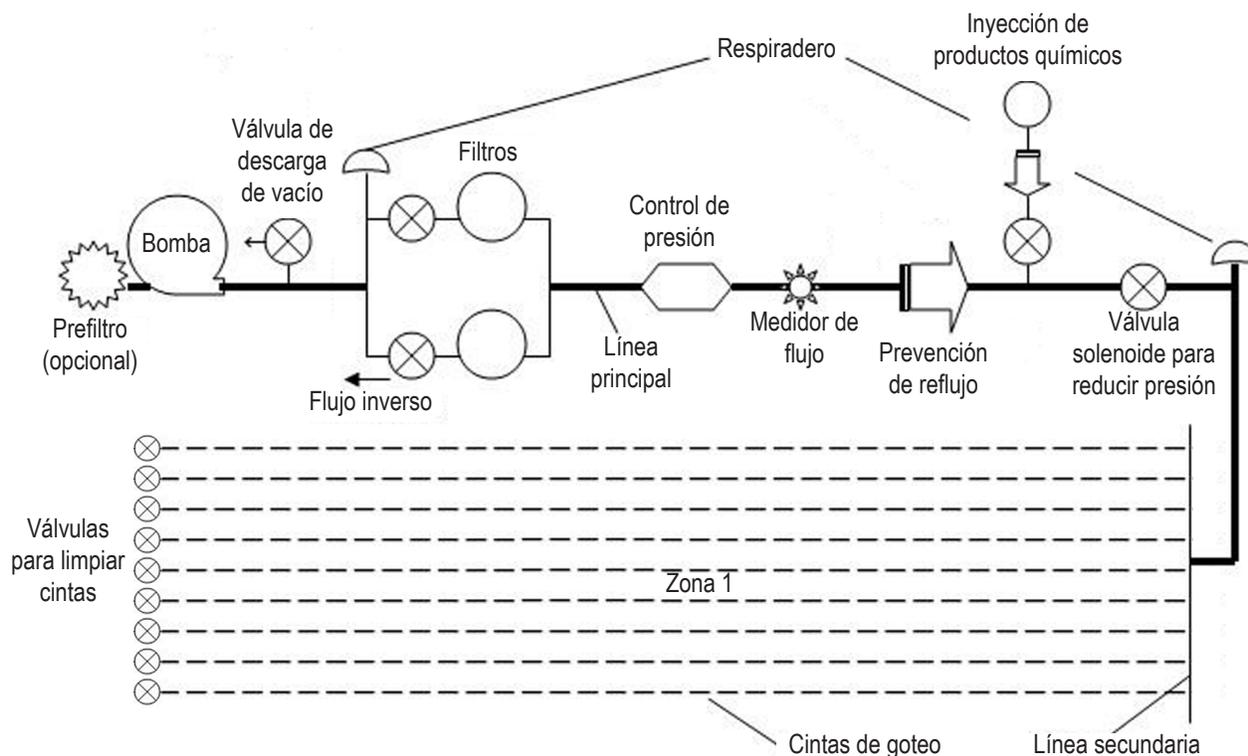


Figura 1. Un sistema de riego por goteo con un prefiltro, una estación de bombeo con prevención de reflujo y un sitio para la inyección de productos químicos. Se recomienda el uso de una válvula para regular la presión del agua antes de que el agua entre en las líneas de goteo. Se puede instalar un medidor de flujo después del control de presión o entre una válvula solenoide y cada zona. Un respiradero permite la descarga de vacío. Es importante que la descarga de vacío ocurra entre la válvula solenoide y las cintas de goteo para evitar la succión de partículas de suelo cuando se apaga el sistema.

El flujo de agua

Instale un medidor de flujo entre la válvula solenoide y cada zona de riego y anote el valor del indicador diariamente. El medidor de flujo indica la cantidad de agua aplicada a cada zona. Con la ayuda de datos sobre el flujo de agua se puede detectar desviaciones en el flujo, las cuales podrían indicar que hay agujeros u obstrucciones en las mangueras. También se puede comparar la cantidad de agua aplicada con las necesidades del cultivo (la tasa de evapotranspiración) para asegurar el manejo óptimo del programa de riego.

Esté atento por si hay agujeros en las mangueras

Los agujeros pueden aparecer de forma imprevista debido a daños causados por insectos,

animales o herramientas. Revise sistemáticamente las mangueras para buscar daños físicos. Es difícil encontrar un escape de agua si la manguera o cinta está bajo tierra. La presencia de charcos en la superficie suele indicar la presencia de un escape de agua subterránea. Una reducción en la presión del agua o un aumento en su flujo también puede indicar un escape de agua. Es importante sellar los agujeros inmediatamente para mantener el riego uniforme.

El cloro limpia los emisores

Si la tasa de flujo de agua se disminuye durante la temporada podría indicar que hay obstrucciones en las mangueras, y esta situación puede causar daños graves a los cultivos. Además de limpiar el filtro, una manera de minimizar la formación

de obstrucciones es la limpieza regular de las mangueras y el uso de cloro en las mangueras. Una vez al mes, destape el extremo de las mangueras y permita que el flujo fuerte de agua arrastre los sedimentos y limpie las mangueras. Limpie las mangueras por grupos (no todas al mismo tiempo).

Ya que el crecimiento de algas y la actividad biológica son más rápidos durante el verano, normalmente se limpian las mangueras con cloro cada dos semanas durante esta temporada.

Si a pesar de estas prácticas de mantenimiento se forman obstrucciones en las mangueras, se puede usar un producto de limpieza. Los vendedores de sistemas de riego ofrecen una variedad de opciones. Escoja un producto que sea adecuado para el contaminante específico.

Quimigación

Para lograr mayor eficiencia, el manejo del riego y de la fertilización debe ser integrado. La quimigación a través de un sistema de riego por goteo suministra las sustancias químicas directamente a la zona radicular de las plantas. Debido a la precisión de aplicación, la quimigación puede ser menos peligrosa y usar menos productos químicos que otros métodos de aplicación. Muchos de los fertilizantes y pesticidas comunes pueden ser aplicados a través de las mangueras de goteo. Asegúrese de que los productos inyectados sean compatibles con el agua para evitar la precipitación de químicos y la formación de obstrucciones en los emisores.

La aplicación de cualquier producto químico a través de un sistema de riego por goteo requiere de una bomba de inyección con prevención de reflujo. Con estas bombas se puede regular la tasa de aplicación, y la prevención de reflujo protege el equipo y la fuente de agua contra contaminación. No olvide que en Oregón el agua es propiedad del público, no del propietario. A veces se requiere otro equipo de seguridad; hable con un vendedor de sistemas de riego para mayor información.

Fertigación

Los microorganismos en el suelo convierten los fertilizantes nitrogenados en nitratos. Después de disolverse en el agua los nitratos están disponibles para las plantas, pero también pueden perderse a través de la lixiviación. Uno de los beneficios del riego por goteo es la reducción o eliminación de la pérdida de nitratos.

Por lo general, si se maneja cuidadosamente el riego por goteo se puede usar menos fertilizante nitrogenado que con los sistemas de riego por gravedad. La razón es que el fertilizante se aplica directamente en la zona radicular y se pierde muy poco a través de la lixiviación. Después de cambiar de un sistema de riego por gravedad a un sistema por goteo, a menudo hay que reducir la cantidad de nitrógeno aplicado para evitar que las plantas produzcan demasiado follaje. Un exceso de follaje puede impedir el secado de cebollas y aumentar tanto los gastos de cosecha como las pérdidas durante la cosecha. Un análisis de tejidos puede ayudarle a determinar las necesidades nutricionales de las plantas y diseñar un programa de fertilización específica.

Para aplicar los fertilizantes a través del sistema de riego por goteo se usa un sistema de inyección. Los fertilizantes que contienen sulfatos, fosfatos, calcio, amonio anhidro o amonio acuoso pueden formar precipitados sólidos dentro de las mangueras de goteo, y éstos pueden obstruir los emisores. Pida un análisis químico del agua de riego y busque consejos técnicos antes de introducir cualquier fertilizante químico en un sistema de riego por goteo.

Profundidad de la cinta

Asegúrese de que habrá suficiente agua para la germinación de las semillas. Instale la cinta cerca de la superficie para que el agua alcance las semillas, o use aspersores portátiles. En nuestras investigaciones, una cinta enterrada a una profundidad de 10.2 ó 17.7 cm (4 ó 5 pulgadas) germinó las semillas de cebollas en un suelo franco limoso. Una cinta enterrada a 35.8 cm (12 pulgadas) de profundidad no germinó las

semillas de manera uniforme. En otros cultivos en hilera la profundidad de la cinta con frecuencia es mayor.

Un programa de riego

La eficiencia de uso de agua en un sistema de riego por goteo es mayor que la eficiencia en un sistema de riego por inundación. Por ejemplo, en los campos de cebollas regados por surcos en el Treasure Valley de Oregón y Idaho, se aplica una lámina de riego alrededor de 4,900 m³ (4 acre-pie) anualmente. Con los sistemas de goteo, una lámina de riego de entre 2,050 m³ a 3,300 m³ (20 a 32 acre-pulgada) es suficiente para las cebollas en esta región, dependiendo del año, la cantidad de lluvia y el tipo de suelo.

Si la cantidad de agua aplicada excede las necesidades de las plantas, los beneficios del riego por goteo se pierden. Los suelos húmedos estimulan el desarrollo de enfermedades y el crecimiento de maleza, además de aumentar la lixiviación de nitratos.

Para determinar la tasa de aplicación adecuada, mida la humedad del suelo y utilice los cálculos aproximados de utilización de agua (la evapotranspiración, o “ET”). Para los cultivos con raíces poco profundas, aplique solo la cantidad de agua necesaria para cubrir el déficit de humedad en las 30.5 cm (12 pulgadas) superiores del suelo. Por lo general, la cantidad de agua aplicada no tiene que exceder la tasa de evapotranspiración.

En el sitio de Internet “AgriMet”, se encuentran cálculos aproximados de evapotranspiración diaria en algunos lugares del Noroeste del Pacífico. Para medir el nivel de humedad en el suelo, vea “Instrumentation for soil moisture monitoring” (“Sitios de Internet”, esta página) y “*El Control del Riego Mediante la Tensión Matricial del Suelo*” (Publicaciones del Servicio de Extensión en español”, página 8). Para diseñar un programa de riego, vea *Irrigation Scheduling* (Publicaciones del Servicio de Extensión en inglés”, página 8).

Mantenimiento del sistema

Para matar las bacterias y algas y limpiar las mangueras trate el agua con cloro u otros productos químicos de vez en cuando. Para disolver los carbonatos de calcio se pueden usar productos ácidos en el agua. Asegúrese de seguir las instrucciones de seguridad en la etiqueta. Los ácidos y el cloro pueden ser muy peligrosos.

Reemplace la arena en los filtros cuando sea necesario. Aun con el uso de filtros hay que limpiar las mangueras o cintas de vez en cuando. La frecuencia de limpieza depende de la cantidad y tipo de sedimentos que se forman en las mangueras.

Otros factores de manejo

Con algunos cultivos hay que impedir que las raíces crezcan alrededor de las cintas. Se debe controlar los roedores, sobre todo donde las cintas de goteo se encuentran debajo de la superficie del suelo.

Recursos adicionales

Sitios de Internet (en inglés)

AgriMet—cálculos aproximados de evapotranspiración diaria en algunos lugares del Noroeste del Pacífico (<http://www.usbr.gov/pn/agrimet/>)

Digital Drip Directory—una lista de equipo y vendedores (<http://www.trickle-l.com/new/directory/>)

Fuentes de información sobre el riego (<http://www.trickle-l.com/new/onthenet>)

Grupo de discusión sobre el riego por goteo—busque soluciones y discuta problemas (<http://www.trickle-l.com>)

Instrumentation for soil moisture monitoring (<http://www.cropinfo.net/AnnualReports/1997/instrumentation.wq.php>)

Lista de publicaciones y videos del Servicio de Extensión de Oregon State University (<http://extension.oregonstate.edu/catalog/>)

Maintenance of microirrigation systems (<http://ucanr.org/sites/Microirrigation>)

Microirrigation for Sustainable Water Use. Microirrigation Research Group W2128. (<http://www.cropirifo.net/W-128/w128.html>)

Sitio de Internet de SDI, Kansas State University (<http://www.oznet.ksu.edu/sdi>)

Publicaciones del Servicio de Extensión de OSU (en español)

Muchas de las publicaciones del Servicio de Extensión de OSU están disponibles en el Internet. Visite nuestro catálogo en <http://extension.oregonstate.edu/catalog/>. Para ordenar copias de nuestras publicaciones y videos, póngase en contacto con la oficina de Extension and Experiment Station Communications: fax (541-737-0817), e-mail (puborders@oregonstate.edu), teléfono (541-737-2513).

Iida, C.L. y C.C. Shock. 2009. *El Dilema del Fósforo*, EM 8939-S-E.

Iida, C.L. y C.C. Shock. 2009. *La Poliacrilamida: Una Solución para la Erosión*, EM 8958-S-E.

Shock, C.C., R. Flock, E. Feibert, A. Pereira, y M. O'Neill. Revisada 2013. *El Control del Riego Mediante la Tensión Matricial del Suelo*, EM 8900-S.

Publicaciones del Servicio de Extensión de OSU (en inglés)

Iida, C.L. y C.C. Shock. 2007. *The Phosphorus Dilemma*, EM 8939-E.

Iida, C.L. y C.C. Shock. 2008. *Make Polyacrylamide Work for You*, EM 8958-E.

Shock, C.C., B.M. Shock y T. Welch. Revisada 2013. *Strategies for Reducing Irrigation Water Use*, EM 8783.

Shock, C.A. y A. Pereira. Revisada 2013. *Irrigation Monitoring Using Soil Water Tension*, EM 8900.

Shock, C.C., R. Flock, E. Feibert, C.A. Shock y J. Klauzer. Revisada 2013. *Drip Irrigation Guide for Onion Growers*, EM 8901.

Shock, C.C., R. Flock, E. Feibert, A. Pereira y M. O'Neill. Revisada 2013. *Drip Irrigation Guide for Growers of Hybrid Poplar*, EM 8902.

Shock, C.C., F.X. Wang, R. Flock, E. Eldredge y A. Pereira. Revisada 2013. *Successful Potato Irrigation Scheduling*, EM 8911.

Shock, C.C., E. Feibert, L. Jensen y J. Klauzer. 2010. *Successful Onion Irrigation Scheduling*, SR 1097.

Smesrud, J., M. Hess y J. Selker. Reimpresión 2000. *Western Oregon Irrigation Guides*, EM 8713.

Otras publicaciones

Alam, M., T.P. Trooien, F.R. Lamm y D.H. Rogers. 2002. *Filtration and Maintenance Considerations for Subsurface Drip Irrigation (SDI) Systems*. Manhattan, KS: Kansas State University Agricultural Experiment Station y Cooperative Extension Service. <http://www.ksre.ksu.edu/mil/Resources/Subsurface%20Drip%20Irrigation/mf2361.pdf>

Bisconer, I. 2011. *Toro Micro-irrigation Owner's Manual*. El Cajon, CA: The Toro Company. http://media.toro.com/Documents/Agriculture/ALT179_Owners_Manual_Complete.pdf

Burt, C.M., K. O'Connor y T.A. Ruehr. 1995. *Fertigation*. California Polytechnic State University. Para ordenar: The Irrigation Training and Research Center, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA 93407 (teléfono 805-756-2434; Internet <http://www.itrc.org/publications/htm>).

Burt, C.M., S.W. Styles y J.A. Forero. 2000. *Riego por Goteo y Microaspersión para Árboles, Viñedos y Cultivos Anuales*. California Polytechnic State University. Para ordenar: The Irrigation Training and Research Center, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA 93407 (teléfono 805-756-2434; Internet <http://www.itrc.org/publications.htm>).

- Chemigation in Tree and Vine Micro Irrigation Systems*. University of California Irrigation Program. Agriculture and Natural Resources Publicación Número 21599. <http://anrcatalog.ucdavis.edu>
- Hanson, Fipps y Martin. 2000. Drip irrigation of row crops: What is the state of the art? En: *Proceedings of the 4th Decennial Irrigation Symposium*. <http://www.ksre.ksu.edu/sdi/Abstracts/DripIrrigationofRowCrops.htm>
- Hassan, F.A. 1998. *Microirrigation Management and Maintenance*. Fresno, CA: Agro Industrial Management. Disponible de Farouk A. Hassan, Agro Industrial Management, P.O. Box 5632, Fresno, CA 93755 (teléfono 209-224-1618; fax 209-348-0721; e-mail fahassan@aol.com).
- Lamm, F.R., J.E. Ayars y F.S. Nakayama (eds.). 2007. *Microirrigation for Crop Production—Design, Operation and Management*. Elsevier Publications. <http://www.elsevier.com/books/microirrigation-for-crop-production/lamm/978-0-444-50607-8>
- Rogers, D.H., F.R. Lamm y M. Alam. 2003. *Subsurface Drip Irrigation Systems (SDI) Water Quality Assessment Guidelines*. Manhattan, KS: Kansas State University Agricultural Experiment Station y Cooperative Extension Service. <http://www.ksre.ksu.edu/sdi/Reports/2003/mf2575.pdf>
- Shock, C.C., E.B.G. Feibert, L.D. Saunders, L.B. Jensen, S.K. Mohan, R.S. Sampangi y H. Pappu. 2011. Management of onion cultural practices to control the expression of Iris Yellow Spot Virus. pp 23–41. En Shock, C.C. (ed.). *Oregon State University Agricultural Experiment Station, Malheur Experiment Station Annual Report 2010*, Department of Crop and Soil Science Ext/CrS 132. <http://www.cropinfo.net/AnnualReports/2010/OnionIYSV.php>
- Schwankl, L. 1996. *Micro-Irrigation of Trees and Vines*. University of California Irrigation Program. Agriculture and Natural Resources Publicación Número 21599. <http://anrcatalog.ucdavis.edu>.
- Van der Gulik, T. 1999. *B.C. Trickle Irrigation Manual*. British Columbia Ministry of Agriculture and Food, Resource Management Branch. Para ordenar: Irrigation Association of British Columbia, 2300 Woodstock Drive, Abbotsford, BC, Canada, V3G 2E5 (teléfono 604-859-8222).

Agradecimientos

Fondos para la preparación de esta publicación han sido otorgados por una beca del Oregon Watershed Enhancement Board.