

**Almería dispone de poca agua
y de calidad variable.
La industria hortícola de la región
debe optimizar la eficiencia del
consumo hídrico.**

Objetivos, controles y métodos de fertirrigación en cultivo sin suelo

**MARÍA DEL CARMEN SALAS
SANJUÁN Y MIGUEL
URRESTARAZU GAVILÁN**

*Departamento Producción Vegetal.
EPS*

Universidad de Almería



Generalidades

Almería, al igual que buena parte de las zonas áridas y semiáridas del mundo, dispone de poca agua y, además, de calidad muy heterogénea y variable. La escasez de recursos hídricos no es un problema local y se mantiene desde hace siglos. Resulta imprescindible optimizar la eficien-

**Vista general de
los invernaderos
de la comarca de
Levante de
Almería.**

**Obsérvese que
cada uno de los
invernaderos lleva
asociada una
balsa de riego.**

cia del consumo hídrico de los sistemas de producción, debido a la limitación de los recursos hídricos en zonas como el sudeste español. Un control preciso de los riegos, tanto en sistemas de producción sobre suelo como en sustrato, permitiría mejorar la eficiencia en el uso del agua y minimizar los lixiviados o drenajes re-

duciendo, en consecuencia, el impacto medioambiental de los mismos. La eficiencia del uso del agua en cultivo en sustrato en España oscila entre 31 y 40 litros de agua por kilogramo producido, dependiendo de la calidad del agua empleada. Estos valores son notablemente superiores a los 15 litros por kilogramo cuantificados

en Holanda (Stanghellini, 1994) y, aunque estos últimos son obtenidos en invernaderos con un elevado control climático, dan una idea del margen de mejora en la eficiencia del uso del agua. Los sistemas actuales de producción bajo invernadero deben estar cada día más en consonancia con el medio ambiente y con los principios de la agricultura sostenible. Una manera de conseguirlo es mejorando la eficacia productiva, optimizando el uso de la luz natural, disminuyendo las emisiones contaminantes al medio, mejorando el manejo del agua y la eficacia de su empleo en la horticultura.

Objetivos del riego

Aún no existe un acuerdo general acerca de las dosis y el número de riegos al día en sustratos colocados en contenedores. A continuación, se resumen los objetivos que se persiguen con el manejo del fertirriego en cultivo sin suelo (Salas y Urrestarazu, 2001):

- 1- Suministrar la cantidad conveniente de cada nutriente.
- 2- Garantizar un adecuado equilibrio nutricional para un desarrollo óptimo de las plantas.
- 3- Una buena aireación para que las raíces realicen la respiración en perfectas condiciones.
- 4- Conservar la temperatura radical dentro de los niveles propios para cada especie.
- 5- Mantener las cantidades correctas de agua fácilmente disponible (bajas tensiones).
- 6- Por último, mediante el propio fertirriego, se debe mantener la homogeneidad o uniformidad de los cinco objetivos anteriores por todo el contenedor donde se desarrollan las raíces, facilitando el aprovechamiento de todo el volumen de sustrato.

De cualquier manera, aunque anteriormente se han resumido algunos de los objetivos del riego, hay que tener en cuenta las nuevas tendencias sobre el fertirriego no sólo en conseguir el mejor desarrollo y productividad de las plantas, sino en usarlo como una herramienta de manejo del culti-

Métodos de riego utilizados en cultivo sin suelo

ASOCIADOS AL SUSTRATO

- Tensiómetro
- Balanza
- Bandeja de demanda
- CE del sustrato

ASOCIADOS AL CLIMA

- Radiación solar
- Nivel de transpiración

ASOCIADOS AL SISTEMA

- A tiempo fijo

ASOCIADOS A LA PLANTA

- Microvariaciones del diámetro del tallo
- Transpiración

INTEGRADO

- Sustrato-planta-clima

ciones que corroboren que estamos cumpliendo los objetivos perseguidos. En la mayoría de los casos quedan resumidos a las características del riego y del drenaje, tanto en volumen como en sus características químicas en CE, pH y elementos químicos. Todos los sistemas deben ser controlados.

Métodos de fertirriego. Clasificación

Los métodos de riego pueden ser utilizados después de que las plantas se han estabilizado en el medio de cultivo. Inmediatamente después del trasplante, son necesarios más ciclos de riego que los previsibles por consumo hídrico. Posteriormente, el riego varía con el estado de crecimiento de la planta, las condiciones ambientales y los objetivos productivos.

La eficiencia del uso del agua en España oscila entre 31 y 40 l de agua por kg producido, mientras en Holanda se alcanzan valores de hasta 15 l por kg

Como método de fertirrigación se define la forma escogida para enviar la orden del comienzo de riego (inicio) y la orden de dejar de regar (fin), ambos determinarán el volumen de fertirriego. Asimismo, incluye las características de los nutrientes y los parámetros de pH y CE de dicha disolución nutritiva. Los métodos de fertirriego tienen como finalidad el ahorro de agua y de energía, repercutiendo no sólo en el cultivo, sino también en un mejor aprovechamiento del agua y los fertilizantes, a la vez que intentan automatizar el manejo, por lo tanto tendrán que responder básica-

vo, de igual manera que se usan otras técnicas. Esta línea de manejo del fertirriego en función de los fines pretendidos ha sido aplicada en múltiples investigaciones, así, por ejemplo, la floración de plantas jóvenes bajo escasa iluminación se ha aumentado mediante flujos intermitentes en NFT (Graves y Hurd, 1993) o reducir el suministro de fertirriego en lana de roca para disminuir la expansión de las hojas jóvenes (Ho y Adams, 1995). Del logro de estos objetivos dependerá el éxito de nuestro cultivo, por lo que se deben considerar los métodos y controles del fertirriego como herramientas para lograrlos.

Métodos de control de riego

Es necesario realizar una serie de consideraciones previas distinguiendo entre objetivos, métodos de control y métodos de riego propiamente dichos. Los controles del riego son, sea cual sea el método de riego elegido y generalizando, todas aquellas medi-

mente a dos cuestiones:

- Cuándo regar: frecuencia de riego y
- cuánta cantidad de agua aplicar: dotación.

La dotación o dosis de fertirrigación es la cantidad de agua que se aporta en un riego y viene impuesta por las características del sustrato, el volumen del contenedor y el porcentaje de drenaje establecido. La dosis de riego no puede ser mucho mayor que la capacidad de retención del sustrato, ya que el exceso se pierde. En general, es la cantidad de agua que corresponde a una fracción de la reserva hídrica del sustrato. Tendría que expresarse como volumen por unidad de superficie o litros por plantas o por unidad de cultivo. La frecuencia del riego es el número de riegos por unidad de tiempo. En los cultivos sin suelo, esta frecuencia es de varios riegos por día. Ambos conceptos están muy relacionados, en cultivos sin suelo se pueden manejar los riegos dentro de un período de tiempo de dos formas diferentes. Mantener fija la dotación de riego y variar la frecuencia dentro del período o mantener fija la frecuencia y variar la dotación de cada uno de los riegos. Con el primer tipo de manejo se mantienen condiciones estables y homogéneas de aire y agua para las raíces a lo largo del tiempo. Una vez establecido el exceso de riego, como porcentaje de volumen que hay que aplicar, la dosis se fija en la mínima posible que satisfaga la retención máxima del sustrato para evitar pérdidas excesivas. A

■ **El fertirriego moderno se utiliza no sólo para lograr un mejor desarrollo y productividad de las plantas, sino también como herramienta de manejo del cultivo**



Vista general de una bandeja de riego a la demanda en cultivo de tomate.

continuación, se describen distintos métodos de fertirrigación. La mayoría actúa sobre la frecuencia, integra la dotación de riego e incluso, los más sofisticados, permiten modificar la frecuencia y la dotación según los datos recopilados de control. Están clasificados según el o los parámetros que son medidos para enviar la orden de riego.

Asociados a la planta: variaciones del diámetro del tallo

Los métodos asociados a la planta cuantifican el nivel de transpiración. Los aparatos que miden el potencial hídrico y la resistencia estomática a la transpiración se utilizan solamente en trabajos de investigación, pues en

campo no es fácil disponer de una interpretación sencilla de sus medidas, entre ellos cabe destacar el potómetro, que mide la resistencia a la transpiración de la hoja, y el termómetro termopar, que mide la temperatura de la hoja (Sutcliffe, 1984). A continuación, se describe uno de los métodos de posible aplicación en campo, aunque de gran complejidad. Las microvariaciones del diámetro de los órganos vegetales dependen del estado hídrico de la planta. El diámetro presenta una evolución típica a lo largo del día, con un valor máximo al final de la noche (hidratación máxima) y un valor mínimo hacia el mediodía, que coincide con la pérdida máxima de agua que experimenta la planta por transpiración. Estos sensores

no son fáciles de instalar como medida de rutina bajo un invernadero. La información bruta que aportan no puede utilizarse directamente en la gestión del riego y ha de someterse a un tratamiento elaborado. La evolución del diámetro presenta dos componentes: uno asociado al crecimiento del órgano y otro asociado con la pérdida de agua durante el día y que resulta de un desequilibrio entre la transpiración y la absorción radical (Burney y Costigan, 1984). Para poder utilizar estas medidas en el manejo del riego es necesario definir, para cada especie, los valores de aumento del diámetro por crecimiento y el valor asociado a la aparición de la restricción hídrica (Baille *et al.* 1992). La manifestación de una contracción diurna anormal no siempre está asociada con una falta de agua, puede estar provocada por niveles térmicos inadecuados, problemas de salinidad o un desequilibrio

entre el desarrollo de las raíces y la parte aérea. Con este método actuamos sobre la frecuencia de riego en tiempo real, coincidiendo con las necesidades de las plantas, pero la dotación deberemos definirla según las características del sustrato y del contenedor.

Asociados al sustrato

El potencial hídrico del sustrato aporta información relativa al nivel de reserva hídrica disponible y permite fijar la dosis en función del nivel de reserva al que se desea aplicar el riego. Es necesario conocer el nivel de potencial que corresponde a la capacidad de reserva hídrica del sustrato a la que se desea aportar la dosis de riego y utilizar este nivel, determinado experimentalmente, para definir la frecuencia del aporte de agua (Baille, 1992). A continuación, se resumen los más frecuentemente utilizados en campo.



Los sistemas de fertirriego deben incorporar como método de control la bandeja de drenaje que garantice su correcto funcionamiento.

Expoflor Murcia

26 y 27 de enero de 2002
Mercado de Flores y Plantas

MERCAMURCIA

Mercado de Flores y Plantas (Mercamurcia) • Ctra. de Mazarrón, km 2 • 30120 El Palmar (Murcia)
Teléfono: 968 869 130 • Fax: 968 866 456 • mercamur@forodigital.es • www.mercamurcia.es

CURIÀ & CLARÀ

Planteles de ornamentales al perfil del cliente

- Vivaces
- Árboles y arbustos
- Anuales
- Aromáticas, etc...

Casa de Campo 31 • Apdo. 34 • 08340 Vilassar de Mar
Tel.: 937 50 25 60 • Fax.: 937 50 25 63 • E-mail: curia@lander.es

Tensiómetros

Con los tensiómetros podremos seguir las variaciones del potencial hídrico en el sustrato. En los cultivos sin suelo, se trabaja dentro de rangos pequeños de potenciales; por ejemplo, la turba libera una gran parte de su reserva de agua entre -1 y -10 kPa y la lana de roca, entre -1 y -2 kPa. La utilización de estos sensores es compleja (Fourcard, 1997), al no ser siempre muy perfecto el contacto entre el tensiómetro y el sustrato, la heterogeneidad en la humidificación del sustrato y no disponer de los valores de tensión de retención de agua asociados a un sustrato colocado en un contenedor de forma y volumen determinado. Un ejemplo de aplicación de tensiómetros para medir el potencial hídrico del sustrato fue desarrollado por Charpentier (1988).

■ **Los métodos de fertirriego tienen que responder básicamente a dos cuestiones: cuándo regar - frecuencia de riego - y cuánta cantidad de agua aplicar - dotación**

La caída del potencial hídrico del sustrato se correlaciona con la pérdida de agua por transpiración y se aplican diferentes niveles de potencial para definir la frecuencia de riego. La reserva hídrica del sustrato utilizada es de unos 400 g planta⁻¹. La consigna de potencial que permite mantener una reserva hídrica aceptable está comprendida entre -2 y -6 kPa, que, en este caso, debe definirse para valores del potencial superiores a -10 kPa. Paschold y Zengerle (1998) recomiendan, en pimiento, valores de tensión para el salto del riego de -8 kPa. Otros



Detalle de la bandeja de demanda.

Colocación de la unidad de cultivo que controla el sistema de riego por bandeja de demanda (arriba).

Abajo, detalle de los dos electrodos que regulan el funcionamiento de la bandeja de demanda, donde se observa a la derecha el que siempre permanece sumergido. Al

descender el nivel de agua y emerger el electrodo izquierdo, se emite la señal de riego.



autores (Norrie *et al.* 1994b) inician el riego con tomate a -5 kPa y terminan cuando la tensión en el sustrato alcanza -1 kPa. Entre tensiómetros, destaca el denominado comercialmente "laptómetro", que proporciona una medida del estado hídrico del sustrato, habiéndose testado en sustratos como la lana de roca y la perlita (Terés, 2000) en ornamental, asegurando que este instrumento es capaz de detectar las bajas tensiones y, según su diseño, corregiría los problemas de contacto entre el tensiómetro y el sustrato. Método útil para determinar la frecuencia

del riego en tiempo real y la dotación (inicio y parada del riego).

Método de la balanza

Existen sensores que detectan el peso completo de una unidad de cultivo. Se deposita una balanza debajo de la bandeja de cultivo y se riega para mantener el peso constante. Se colocan dos puntos de contacto en la balanza, el riego es iniciado o parado cuando el contacto de la balanza toca el correspondiente punto de contacto. El método de pesada (Smith, 1987) es posible para cultivos que están entutorados, el peso del cul-

En **filmes** para la agricultura tenemos una extraordinaria cobertura



Sea cual sea su cultivo, sean cuales sean sus condiciones climáticas, siempre encontrará un film plástico **Repsol YPF** para cubrir sus necesidades. Filmes idóneos para invernadero, pequeño túnel y acolchado, así como compuestos especiales para cubiertas sobre cultivo de flor y filmes claros y antigoteo para países con poca luz. Hemos enriquecido nuestra gama de productos, ofreciendo siempre una perfecta cobertura de servicio. Tenemos una gran cobertura para su cultivo.

**REPSOL
YPF**



**Área Operativa
Química**

Tabla 1:**Diferentes parámetros para aplicar los métodos de riego según radiación solar**

Especie	Referencia	Sistema	Observación	Consigna	Dotación
Tomate	Graves (1986)	NFT	Circulación intermitente	0,6 MJ m ⁻²	15 minutos flujo
	Salter (1977)	perlita	consumo hídrico	100 cal cm ⁻²	284 mL m ⁻²
	Maree (1981)	perlita	consumo hídrico	100 cal cm ⁻²	273 mL m ⁻²
	Salas y Urrestarazu, 2001	lana de roca-perlita	Otoño-invierno consumo hídrico Primavera-verano consumo hídrico	1 E m ⁻²	AM 88 mL m ⁻² PM 142 mL m ⁻² AM 84 mL m ⁻² PM 171 mL m ⁻²
Gerbera	Van Labeke y Dambre (1998)	sustrato	salto del riego	2 MJ m ⁻²	Frecuencia
Pimiento	Paschold y Zengerle (1998)	sustrato	salto del riego	7 MJ m ⁻²	Frecuencia
Pepino	Schnitzler <i>et al.</i> (1996)	sustrato	salto del riego	100 Wh m ⁻²	Frecuencia
			salto del riego	75 Wh m ⁻²	

tivo será soportado por el tutor. La escala se ajustará de tal manera que se dispare un ciclo de riego cuando el peso de la bandeja de control esté por debajo de un valor. En plantas que no se entutoran, como las fresas (Yasuba *et al.*, 1995), sería necesario hacer ajustes semanales, porque durante el desarrollo del cultivo aparecen fluctuaciones en el peso de las plantas. Este sistema se basa en el mismo principio que los riegos con tensiómetros. Consumido un porcentaje del agua total disponible en el sustrato (5-10%) se hace saltar un riego, el valor estándar de 500 gramos es igual que hablar de 500 ml de agua, de manera que este valor variará según la capacidad de retención de agua del sustrato utilizado y las unidades de cultivo colocadas sobre la balanza. Este método controla en tiempo real la frecuencia de riego y la dotación, sólo influenciada por el porcentaje deseado de drenaje.

Riego por bandeja de demanda

Sistema de fertirrigación relacionado con la cantidad de drenaje, pero que controla la frecuencia de los riegos óptimos por día, se utiliza la llamada bandeja de riego por demanda (o bandeja de riego a la demanda). La bandeja controla la cantidad de disolución suministrada para todo el sector que controla. Se colocan los contenedores sobre una manta ab-

■ El potencial hídrico del sustrato aporta información relativa al nivel de reserva hídrica disponible y permite fijar la dosis de riego en función del nivel de reserva al que se desea aplicar el riego

sorbente sumergida en un recipiente con solución nutritiva, lo que permite que las plantas que están en la bandeja dispongan agua de forma continua. Dentro del recipiente hay dos electrodos sumergidos, de manera que cuando, debido al consumo, uno de ellos queda al descubierto, se inicia un riego. Este sistema funciona poniéndose en marcha por un electrodo que acciona el riego y la parada se hace tras un tiempo preestablecido. Dicho sistema controlaría la frecuencia de riego en tiempo real. De lo descrito, la frecuencia de riego viene establecida por el consumo de agua del sistema y no por el drenaje. Este sistema permite mantener el porcentaje de drenaje establecido, pero la orden de riego se produce cuando se ha consumido el volumen necesario, que, al reponer con el riego, produce el porcentaje de drenaje óptimo.

Asociados al clima: radiación solar

Las medidas de los parámetros del clima pueden ser utilizadas como métodos para el manejo del fertirriego a través de sus implicaciones con las necesidades hídricas de las plantas. Estos métodos utilizan un conjunto de medidas que pueden registrarse de manera continua bajo invernadero, medidas de clima como son temperatura, humedad relativa, déficit de presión de vapor, etc. La información que aportan los sensores no puede utilizarse directamente en la gestión del riego y exige que, previamente, se establezcan relaciones más o menos empíricas con el ritmo de transpiración. En la práctica, la relación que más se ha utilizado hasta ahora se basa en una estimación de la transpiración a partir de la radiación global solar, la relación depende de la especie y debe identificarse experimentalmente. Es posible automatizar la frecuencia de riego asociando este automatismo a su puesta en marcha con un integrador de radiación solar, de modo que a una cantidad de radiación, se suministre la cantidad de agua que corresponde a la transpiración estimada. Este método aunque puede ser práctico, no está exento de inconvenientes cuando se usa para la aplicación de riegos de alta frecuencia, que requiere el cultivo hidropónico. Su funcionamiento no va a diferir

sustancialmente del realizado por la bandeja de riego a la demanda (Salas y Urrestarazu, 2001). La dotación de los riegos variará según el tipo y volumen de sustrato utilizado y los objetivos perseguidos en el cultivo.

Es importante destacar que cuando se trabaja con radiación solar como método de fertirriego debemos asegurarnos que no existe ningún otro factor que sea limitante (Caballero *et al.*, 1997) para el cultivo y que pueda provocar un estrés hídrico. En invernaderos del sur de España, las situaciones de estrés hídrico provocadas por el clima extremo y por la salinidad del agua se presentan con mucha más frecuencia de lo deseable, así existen trabajos que establecen diferentes constantes de consumo, según el periodo del día y la estación del año para conseguir un mejor ajuste (Salas y Urrestarazu, 2001). Hay diferentes valores de radiación solar para

tomar las decisiones sobre el fertirriego (consignas de manejo) en función de la especie cultivada y los diferentes objetivos perseguidos (tabla 1).

Cuando el programa de riego es controlado directamente desde las lecturas de un solarímetro, obviamente las plantas no recibirán riegos durante las horas de oscuridad, no calcula la transpiración en período nocturno. Si el último riego del día es aplicado temprano en la noche, es posible que los contenedores de cultivo estén por debajo del nivel deseado al comienzo del día siguiente. Autores como Paschold y Zengerle (1998) concluyen que sería interesante combinar el método de tensiómetros con el de la radiación solar y otros autores, más acordes con nuestras condiciones climáticas, recomiendan combinar los riegos por demanda y por radiación (Salas y Urrestarazu, 2001).

Asociados al sistema: riegos a tiempo

Se trata de utilizar un programador de reloj donde se contabiliza el momento de inicio y parada del riego, por lo tanto, el número de veces que activemos el programador fijará la frecuencia de riego y el tiempo que transcurra entre la activación del sistema y el instante de parada determinará la dotación de cada riego. Consiste, pues, en automatizar el riego para asegurar el suministro de agua en intervalos. Será necesario estimar los intervalos de acuerdo a la experiencia y considerando los objetivos del riego y las medidas de control. La única limitación es el máximo número de ciclos que se pueden programar. Comenzaremos estableciendo un tiempo de riego durante la noche, temprano por la mañana y tarde por la noche, y dos o tres durante las horas de máximo consumo (Smith, 1987) para, posteriormen-

ANTES...

Transplante a mano

...AHORA

SEMIREC S.L.

*Sistemas de
Transplante automático*

Finca Las Carrascas, s/n
30594 Pozo Estrecho-CARTAGENA, Murcia

Tel.: +34 968 13 89 88
Fax: +34 968 13 89 87

te, ayudados de las medidas de drenaje, aumentar o disminuir el número de riegos. La ventaja de este sistema es que la instalación es muy simple. Como mayor inconveniente presenta la imposibilidad de regar según consumo en tiempo real, pudiendo encontrarse el sustrato en ocasiones por debajo o por encima de los límites de humedad deseados. En la actualidad, a través de encuestas propias realizadas en el sur de España, en Almería, Granada y Murcia (Salas y Urrestrazu, 2001), el número de riegos por sector y día varía entre dos y quince, según el estadio fenológico y condiciones climáticas, aunque no es infrecuente que se alcancen los treinta riegos en épocas de altas temperaturas y con el cultivo en pleno desarrollo. El método de riego más extendido en los invernaderos donde se utiliza cultivo sin suelo en el sudeste español es una combinación del método de riego a tiempo y la

■ **En el método de la balanza de control de riego, los sensores detectan el peso completo de una unidad de cultivo y se riega lo suficiente para mantener ese peso constante**

bandeja de demanda. Durante el día se establecen una serie de riegos fijos a tiempo, según la experiencia del agricultor o técnico, y se complementan con el funcionamiento de la bandeja de demanda durante determinados periodos del día, que, a partir de ahora, lo denominaremos "método local de riego". Normalmente la bandeja no está activa durante todo el día.

El manejo más extendido es que durante la noche la bandeja permanezca desconectada, sin aplicar riegos nocturnos. Los controles en este método están basados principalmente en mantener un porcentaje de drenaje (20-40% del volumen de riego) y en los valores obtenidos de pH y CE en los mismos; en cualquier caso, las correcciones se realizan siempre *a posteriori*.

Métodos integrados (planta-sustrato-clima)

En los métodos integrados, el agricultor debe introducir o disponer de los datos relativos al desarrollo del cultivo, la consigna deseada de drenaje y la dosis que hay que aportar. Las necesidades hídricas del cultivo son conocidas, en todo momento, a partir de un algoritmo implantado en el ordenador que calcula la tasa de transpiración. En este caso, la consigna fijada en el drenaje va a

La mejor fórmula

- Asimilación rápida por la planta.
- Aportador de NPK y microelementos.
- Complejante de micronutrientes.
- Reactivador de la planta en situaciones de stres.
- Aportador de materia orgánica.
- Mejorador de las cualidades organolépticas.

- Rapid plant intake.
- NPK and micro element provider.
- Complexing Micronutrient.
- Restores plant activity in stress situations.
- Organic matter provider.
- Improves organoleptic qualities.

FABRICA: Antigua Azucarera, s/n.
 Tel. +34 978 85 00 11 • Fax +34 978 85 00 30 • E-mail: jisa.fab@ediho.es
 44300 SANTA EULALIA DEL CAMPO (Tarragona) España

OFICINA COMERCIAL: Cronista Carreres, 3, 6º.11
 Tel. +34 96 351 79 01 • Fax +34 96 351 79 01 • E-mail: jisa@ediho.es
 Web: http://www.jisa.es • 46003 VALENCIA - España

Estamos por la labor.

GRUPO
azucarera
ebro agrícolas

ser utilizada para compararla con el valor real del drenaje. La diferencia entre estos dos valores permite ajustar la dosis de aporte y calcular una dosis real que ha de satisfacer, a la vez, las pérdidas por transpiración y la consigna de drenaje. Permite corregir las imprecisiones del modelo de cálculo de la transpiración, ya que este no tiene en cuenta la heterogeneidad que puede existir en el invernadero, provocada por la variabilidad espacial de las condiciones climáticas y del desarrollo de las plantas. Se puede disponer en invernadero de diferentes tipos de herramientas para controlar el estado hídrico del cultivo. Las medidas de los parámetros climáticos y del drenaje, que permiten calcular, en un instante dado, la dosis de agua y ajustarla a las pérdidas por transpiración del cultivo y a la consigna del drenaje. La aplicación a una escala práctica de estas herramientas

exige que se determine experimentalmente la influencia que ejercen los parámetros climáticos en la tasa de transpiración, las condiciones climáticas responsables de condiciones de restricción hídrica, al igual que las características físicas del sustrato.

Conductividad eléctrica de la solución nutritiva

La mayoría de los métodos de fertirriego enunciados anteriormente actúan sobre la frecuencia y/o dotación de riego y es posible combinarlos con consignas de CE y pH, éstas normalmente son fijas y sólo permiten variaciones generales dentro de un periodo de tiempo. Existen trabajos que corrigen la CE del riego semanalmente en función de la CE del drenaje y de la solución suministrada en la semana anterior (Kläring *et al.*, 1998). Las condiciones climáticas influyen sobre las variaciones en el equilibrio de

la solución de riego. En épocas de calor, la solución del sustrato suele incrementar su CE con facilidad y será necesario contrarrestarlo aumentando el número de riegos y/o reduciendo la CE de la disolución, lo que, por un lado, facilitará la absorción radical y, por otro, evitará mayores concentraciones salinas del sustrato (Urrestarazu, 2000). Por el contrario, en épocas frías, el drenaje o el extracto del sustrato tienden a disminuir su CE, por lo tanto, será conveniente aumentar la concentración de la disolución de riego. Trabajos como los de Norrie *et al.* (1994), Lefebvre (1987), Roh y Lee (1996), Kläring *et al.* (1998), Salas y Urrestarazu (2001) llevan a cabo variaciones en la CE del riego en función del cálculo del potencial de evapotranspiración, los primeros, y de la radiación solar incidente, los últimos. Todos los autores, excepto Salas y Urrestarazu (2001), varían la CE

Hablamos de semillas...

TOMATES

VARIEDADES CON ALTA TOLERANCIA A TYLCV

OFICINA CENTRAL:
Tel.: 935 723 344 - Fax: 935 723 355

■ **Los métodos de control de riego asociados a parámetros climáticos utilizan las implicaciones de éstos para con las necesidades hídricas de las plantas**

del fertirriego, pero sólo un día completo, por ejemplo, Kläring *et al* (1998) trabaja variándola entre 2,5, 2,2 y 1,9 dS m⁻¹, según clasifiquen el día en nublado, parcialmente nublado y soleado, respectivamente, constatando una mayor eficiencia en el consumo de elementos minerales con respecto al consumo de agua (van Nordwijk, 1990). Roh y Lee (1996) con un cultivo de pepino, clasifican el día según la radiación solar recibida en una hora de la mañana, corrigiendo la CE del fertirriego para el resto del día, se incrementa la CE base en 0,1 dS m⁻¹ por cada 2,1 MJ m⁻² más que se recibe. Sin embargo, otros autores (Salas y Urrestarazu, 2001) varían la CE en función de la radiación incidente en tiempo real dentro del día, en cada riego la CE establecida como base es modificada hasta en un 10% si se superan los 600 W m⁻² en el exterior del invernadero. Existen evidencias de que la productividad de los cultivos, tanto en suelo como en sin suelo, mejora si la disolución nutritiva próxima en la rizosfera tiene una CE alta cuando la radiación solar es baja y la CE es baja cuando la radiación solar es alta (Schwarz y Kuchenbuch, 1998; Sonneveld y Voogt, 1981). Estos autores obtuvieron estas conclusiones analizando los cambios que se producen en la radiación solar durante las distintas estaciones del año en las que se desarrolla el cultivo. Newton y Sahraoui (1996) han realizado un manejo sencillo de la CE en función del momento del



Detalle de un tensiómetro utilizado en riego en cultivo sin suelo con sustrato (Terés, 2000).

día, incrementando la CE de la disolución nutritiva durante la noche y en las primeras y últimas horas del día, y disminuyendo la CE durante las horas centrales del día (períodos de mayor radiación solar). Smith (1987) usa durante el período de elevada radiación (de 9:00 a 17:00 h) una disolución con CE de 2,5 dS m⁻¹ y durante el resto del día, de 3,5, los cultivos probados fueron tomate, pepino y lechuga. En pepino, los resultados ponen de manifiesto que, aunque las diferencias en el número de hojas expandidas al final del cultivo no eran significativas, sí lo eran en la cantidad de

frutos comerciales, siendo mayor en el tratamiento de variación de la CE. En lechuga, se analizó el peso de las plantas y, de igual manera, se obtuvieron diferencias significativas en el peso fresco por planta cuando era variada la CE. Por último, en las plantas de tomate, la producción total y el peso por fruto era superior cuando la CE cambiaba con la radiación solar.

Bibliografía

www.ediho.es/revista157.html



Se lo agradecerán



Sus flores, sus hortalizas y hasta su bolsillo. Todos se lo agradecerán. Porque ALUMINET® es una PANTALLA TERMO-REFLECTORA de alta calidad que, gracias a su especial diseño, garantiza el mejor control del microclima en invernaderos. Sus características de flexibilidad, durabilidad, termicidad y reflectividad, que aporta más luz difusa, estimulan la productividad. Ahorra energía las noches de invierno y regula la luz y el calor los días de verano.

*líderes mundiales
en zonas cálidas y templadas*



ALUMINET®
PANTALLA TERMO-REFLECTORA

Polysack Europa S.L.

Dirección Postal: Apartado de Correo 35.050 - C.P. 08080 Barcelona (España)

Tel 93 228 21 03 - Fax 93 228 21 04 - E-mail: europa@polysack.com

Internet: www.polysack.com

Polysack Plastic Industries (R.A.C.S) Ltd.

Nir Yitzhak, D.N. Negev 85455, ISRAEL. Tel.: 972 8 9989721 - Fax: 972 8 9989710

E-mail: sales@polysack.com - Internet: www.polysack.com

ALUMINET es la marca registrada de Polysack Plastic Industries (R.A.C.S.) Ltd. El producto ALUMINET está protegido por la Patente Nº 5.458.957 de los E.E.U.U., la Patente Europea Nº 0.723.606 y la Patente Israelí Nº 103937.



HDPE