

Balance entre la planta, el medio ambiente y el sustrato

II Jornadas de Sustratos del Grupo de Trabajo «Sustratos de Cultivo» de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas

Durante las segundas jornadas del grupo de trabajo de sustratos de cultivo fueron invitados tres conferenciantes. En un próximo número de la revista *Horticultura* publicaremos las ponencias presentadas. Sin embargo, les avanzamos ahora un breve resumen de éstas.

Gestión global del cultivo fuera de suelo

Dra. María Baille, CNIH e INRA, Rungis/Avignon (Francia)

María Baille presentó el tema «Gestión global del cultivo fuera de suelo». Habló de la necesidad de optimizar la fertirrigación en base al balance del agua y de los elementos minerales bajo invernadero, especificando las condiciones que limitan la absorción de agua y de minerales en los sustratos de cultivo. También hizo un estudio del balance global de agua bajo invernadero en cuanto a su aplicación a la gestión del riego y de la gestión del clima a través del control del nivel de transpiración de las plantas.

La complejidad del cultivo fuera de suelo implica un alto grado de tecni-

ficación en su manejo. El hecho de cultivar bajo invernaderos ofrece la posibilidad de controlar parámetros climáticos, con lo cual se puede influir artificialmente en el control del balance hídrico, permitiendo así establecer las necesidades de riego. María Baille nos propuso un modelo de gestión que se adapta a las condiciones de cultivo mediterráneas.

El aumento de la producción en los últimos años, con una utilización masiva de agua, fertilizantes y pesticidas, ha repercutido de un modo negativo en el medio ambiente. Una nueva normativa a nivel de Comunidad Europea va a limitar en un futuro próximo la presencia de residuos nitrogenados en aguas residuales de actividades agrícolas a 170 Kg/ha y año. Los cultivos de planta ornamental en macetas, los cultivos intensivos de flor cortada y de hortalizas bajo invernadero están generando actualmente residuos superiores a los que la legislación europea contemplará.

La solución que se plantea con más frecuencia es el reciclaje de la solución nutritiva. Esto implica la nece-

sidad de que el agua sea de buena calidad, así como un control continuo de la composición de la solución y de su temperatura. El reciclaje favorece, además, los problemas de patógenos y de falta de oxígeno. M. Baille nos propuso un sistema de gestión preciso que permite establecer balances de las necesidades del cultivo.

El consumo de oxígeno y la salinidad aumentan con las temperaturas elevadas, llevando a un desequilibrio en la absorción mineral y del agua. La práctica común es eliminar el exceso de sales con las aguas de drenaje. Ello implica aportes excesivos de agua y dado que los sustratos utilizados en cultivos protegidos presentan una retención elevada de agua que se acumula en el fondo del contenedor y la relación volumen de raíz/volumen de sustrato es superior que en los suelos, la aireación puede dificultarse.

Los métodos de climatización pueden actuar sobre la intensidad de la demanda hídrica. El balance hídrico global es el conjunto de una serie de factores relacionados entre sí, que incluyen la planta y su relación con el ambiente. Es muy difícil conocer a priori los efectos de los cambios atmosféricos en el balance global. El agricultor puede controlar en el invernadero la dosis de riego y el drenaje, pero mientras la demanda de agua es continua, las aportaciones hídricas no son continuas y el sustrato actúa como una reserva de agua limitada. Además, la temperatura elevada afecta de modo que, aunque el riego no fuese limitante, la transpiración no pueda mantenerse. El flujo de transpiración depende de la



Imagen tomada durante las II Jornadas de Sustratos del Grupo de Trabajo «Sustratos de cultivo» de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas (SECH).

A la izq. de la fotografía, la Dra. María Baille, quien presentó la ponencia «Gestión global del cultivo fuera de suelo», en presencia de Xavier Martínez (dcha.) presidente de este grupo de trabajo de la SECH.

humedad del aire y será necesario considerar en el balance hídrico global, el del vapor de agua en el invernadero. Para ello se deberán tener en cuenta los aportes mediante nebulización y las pérdidas por ventilación y condensación. La transpiración está condicionada por los parámetros medioambientales y por la fisiología de la planta. La optimización de la gestión del riego deberá hacerse simultáneamente en base al conocimiento de la demanda potencial de la planta y del manejo del sustrato en cuanto al aporte de agua.

Existen diversos métodos para determinar el estado hídrico. Como medidas directas tenemos el potencial foliar y el potencial hídrico del suelo; como medidas indirectas, la variación del diámetro de los órganos vegetales y la temperatura de las hojas; y como medidas climáticas, la radiación solar. A partir de estas medidas pueden establecerse modelos matemáticos que permiten establecer la frecuencia de riego.

El control de la temperatura bajo invernadero permite aumentar la producción. Sin embargo, los métodos de climatización existentes, como el sombreado o la nebulización, son limitados. El incremento de temperatura de la planta debido al cierre estomático está estrechamente ligado a las condiciones climáticas y edáficas. La temperatura de la planta puede ser utilizada como indicador de la restricción hídrica, dando así una evaluación indirecta de las componentes del balance hídrico. Si se establece un nivel deseado de transpiración se puede obtener la diferencia óptima de temperatura asociada al nivel de transpiración deseado. Así puede llevarse a cabo el control de la ventilación y la nebulización del invernadero. Un manejo adecuado de la higrometría bajo invernadero provoca una reducción de la temperatura de la planta.

María Baille concluyó su ponencia comentando la necesidad de establecer métodos de gestión del riego y de la fertilización que se adapten a las particularidades del clima mediterráneo y que nos permitan estar al día en cuanto al ahorro del agua y la eliminación de residuos de fertilizantes agrícolas.



Paralelamente a las II Jornadas, tuvieron lugar una serie de visitas técnicas. En la fotografía, Enrique Climent, en el centro, gerente de Infertosa, S.A., flanqueado por dos conocidos profesionales al servicio de los sustratos: a la derecha, Manuel Abad de la ETSIA de Valencia, y a la izquierda, Carlos Cadahía de la U.A. de Madrid.

La física de los sustratos desde una perspectiva actual

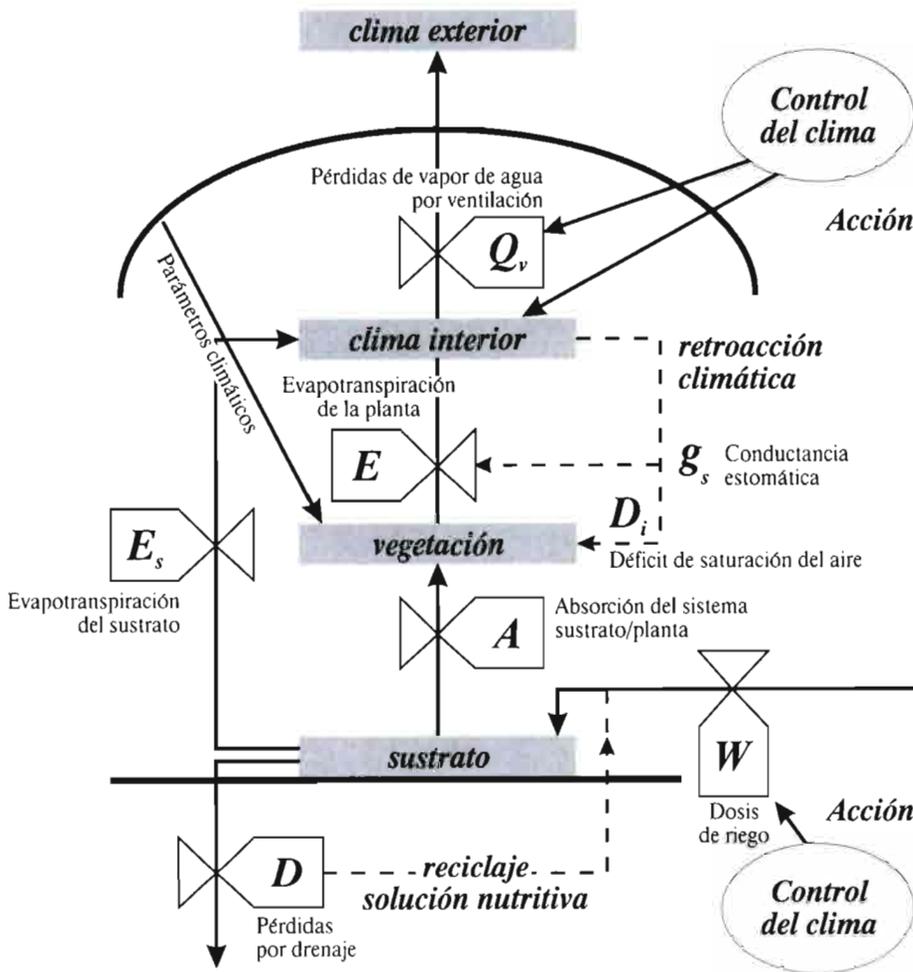
Dr. Oriol Marfà y Dra. Silvia Burés, IRTA, Cabrils (Barcelona)

Esta ponencia fue dividida en dos secciones. **Oriol Marfà** introdujo el tema, integrando la caracterización estructural del sustrato con el manejo del riego. La estructura del sustrato está formada por un esqueleto sólido y un espacio de poros; esta estructura viene definida por la naturaleza de las partículas y el modo de empaquetamiento, determinando las características hidráulicas del medio. El conocimiento de estas características hidráulicas nos permitirán establecer un programa de manejo del riego para los distintos sustratos.

En la primera parte, Silvia Burés presentó nuevas técnicas aplicables a la caracterización micromorfológica de sustratos, incluyendo el análisis de imágenes y la simulación mediante ordenador. Estas técnicas permiten observar la estructura del sustrato y explicar cómo actúa el sustrato en cuanto a la porosidad y la retención de agua. En la segunda parte

Las técnicas de simulación mediante ordenador, con las cuales se puede «construir» artificialmente un sustrato y observar cómo varían sus características en base a cambiar distintos parámetros, como el tamaño de las partículas o el tamaño o forma del contenedor son técnicas que ayudan a explicar el comportamiento de los sustratos y permiten controlar sus propiedades físicas.

Figura 1:
Esquema global de los flujos de agua en invernadero



Fuente: Baille, A. (1993).

Oriol Marfà presentó los últimos avances en la gestión del manejo del riego en sustratos en base al conocimiento de su comportamiento hidráulico.

Parte I. Nuevos desarrollos en la caracterización física de sustratos: análisis de imágenes y simulación mediante ordenador.

Dra. Silvia Burés.

Existen dos factores básicos que distinguen a los sustratos de los suelos naturales: el hecho de que los sustratos tienen porosidad externa e interna y el mayor tamaño de los poros de los sustratos. Esto permite que los sustratos tengan una reserva de agua importante frente a los suelos naturales, a la vez que gran parte del agua es liberada a tensio-

nes muy bajas, propias del cultivo en contenedor. Pero para saber cómo se comporta la porosidad de los sustratos hace falta un estudio a nivel de sus componentes o partículas.

Técnicas como la resonancia magnética nuclear, utilizadas en medicina para analizar órganos del cuerpo humano sin necesidad de intervención quirúrgica, se presentan como ideales para el estudio de lo que pasa dentro de un contenedor. Con estas técnicas puede observarse la distribución del agua dentro y fuera de las partículas que componen el sustrato. Tienen el inconveniente de su excesivo coste y su escasa disponibilidad para estudios de investigación agrícola. Más económicas son las técnicas de simulación mediante ordenador, con las cuales se puede «construir» artificialmente un sustrato y

Una de las conclusiones a estas jornadas fue la necesidad de establecer métodos de gestión del riego y de la fertilización que se adapten a las particularidades del clima Mediterráneo y permitan estar al día en cuanto al ahorro de agua y eliminación de residuos de fertilizantes agrícolas.

observar cómo varían sus características en base a cambiar distintos parámetros, como el tamaño de las partículas o el tamaño o forma del contenedor. Estas técnicas ayudan a explicar el comportamiento de los sustratos y permiten controlar sus propiedades físicas. Los factores que afectan a la porosidad pueden así ser cuantificados. Los factores que afectan a la porosidad son:

- Porosidad externa: modo de empaquetamiento, tamaño del sistema, tamaño de partículas, forma de las partículas y naturaleza de las partículas.
- Porosidad interna: naturaleza de las partículas y oclusión e interconexión de los poros.

Con la cuantificación de estos factores se puede establecer su relación con las características hidráulicas de los distintos sustratos.

Parte II. Morfología radicular, alteración granulométrica con el uso y caracterización del estado hídrico de los sustratos.

Dr. Oriol Marfà

En esta ponencia Oriol Marfà presentó algunos resultados obtenidos con perlititas de distintas granulometrías.

La tortuosidad de las raíces puede relacionarse con algunas propiedades mecánicas de estos sustratos granulares. Las raíces son más tortuosas cuanto más gruesas son las partículas del sustrato, puesto que en éstos las raíces deben cambiar de ángulo frecuentemente. Así, la estructura propia del sustrato afecta al crecimiento radicular directamente, no

Las raíces son más tortuosas cuanto más gruesas son las partículas del sustrato, puesto que en éstos las raíces deben cambiar de ángulo frecuentemente. Así, la estructura propia del sustrato afecta al crecimiento radicular directamente, no sólo a través de las propiedades físicas derivadas de esta estructura.

sólo a través de las propiedades físicas derivadas de esta estructura.

Las fracciones gruesas de perlita se disgregan a lo largo del cultivo y las fracciones más finas desaparecen con el agua de drenaje. Mediante dos parámetros estadísticos obtenidos a partir de la granulometría, el diámetro geométrico medio y la desviación geométrica media, puede clasificarse el grado de alteración de la perlita y con ello predecir las características de retención de agua durante el cultivo.

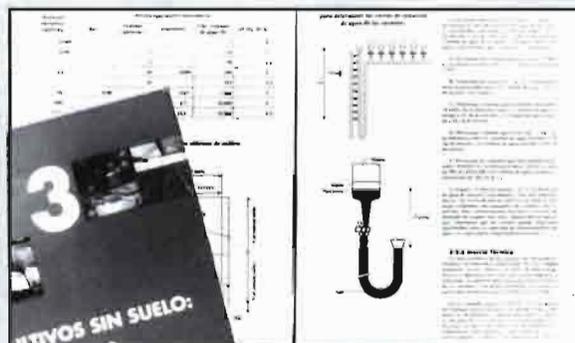
Oriol Marfà también comentó el hecho de que en algunos sustratos, especialmente en los que tienen un contenido elevado de fracciones finas, se observa una zona plana en las curvas de liberación de agua a muy bajas tensiones (0-20 cm de columna de agua, ó 0-2 KPa). Esto indica que es necesario aportar una cierta tensión (potencial de entrada de aire) para que el agua empiece a liberarse, pudiendo provocar problemas de asfixia radicular en contenedores bajos en los que no se alcanzan las tensiones mínimas.

El uso de tensiómetros para medida del potencial matricial se ha extendido en la gestión del riego, pero no está clara la relación del potencial matricial con la productividad. Es importante conocer, no sólo el volumen de agua disponible, sino también la capacidad del sustrato para transmitir el agua, o su conductividad hidráulica. La conductividad hidráulica disminuye a medida que se deseca el sustrato, pudiendo ser limitante para el cultivo. Así, Oriol Marfà nos apuntó la necesidad de tener en cuenta la conductividad hidráulica pa-

El grado de implantación de los cultivos sin suelo en España y sus perspectivas de futuro, han despertado gran interés por esta tecnología.

Los sustratos son la base de esta técnica y, para satisfacer esta necesidad, Ediciones de Horticu-
ltura ha editado el libro «Cultivos sin suelo: hortalizas en clima mediterráneo», único en el sector, el cual recoge con gran rigor cada uno de los aspectos fundamentales para desarrollar esta nueva técnica hortícola. Numerosas empresas han colaborado en su patrocinio, entre las cuales destacan **Comercial Projar, Ferquisa, Cultilène, Agrotecno, Prevo, Phosyn, Cultivos Hidropónicos Almería, Valimex, Himarcán, Novedades Agrícolas, Progrès, Dicalite Española, Grace Sierra, Infertosa, Inta, Euroagro, Vanvliet, Sil** y **la Caja Rural de Granada**.

Los autores, **Evaristo**



Martínez y Matías García, poseen una larga experiencia en la práctica de los cultivos sin suelo, adquirida en las principales zonas de producción de la península, Murcia y Almería. A partir de esta sólida formación, el libro analiza las propiedades físicas - granulometría, densidad real y aparente, espacio poroso total, capacidad de absorción, potencial de agua, curva de retención e inercia térmica- y químicas de los sustratos; así como las principales características de los más importantes -turbas, tierras volcánicas, arenas, gravas, lana de roca, perlita ... El manual recoge además una

descripción de los cultivos sin suelo más utilizados junto a una serie de útiles criterios para su elección.

Además de la descripción de los sustratos, también se analizan otros conceptos como soluciones nutritivas, técnicas culturales, sistemas y prácticas de riego. Todo ello presentado con un lenguaje comprensible, al alcance de cualquier interesado en el tema, desde técnicos y horticultores, hasta estudiantes de agricultura, para que puedan conocer mucho mejor el mundo de los cultivos sin suelo y alcanzar el éxito deseado.

ra la gestión del riego en sustratos.

El conocimiento de los parámetros morfológicos y del movimiento del agua en el sustrato facilitarán en gran medida el manejo.

Conclusiones finales

Como conclusión a estas ponencias podemos apuntar la importancia de establecer un balance integral, que incluya a la planta, el medio ambiente y el sustrato. Afortunadamente disponemos de nuevas técnicas de análisis y de modelización que pueden facilitar el proceso. El cultivo protegido comporta un alto grado de tecnificación sólo alcanzable mediante la unificación de recursos y la potenciación del desarrollo tecnoló-

gico dentro del ámbito mediterráneo. Las normativas comunitarias respecto al medio ambiente están empezando a cambiar el panorama actual de la horticultura protegida.

SILVIA BURES

Cuadro 1: Aguas no utilizables para el reciclaje (Leclerc 1991)

EC (25°C)	>1.0 (mS cm ⁻¹)
Fe	>1.0 (meq l ⁻¹)
Mn	>0.8 (meq l ⁻¹)
B	>0.7 (meq l ⁻¹)
Zn	>0.7 (meq l ⁻¹)