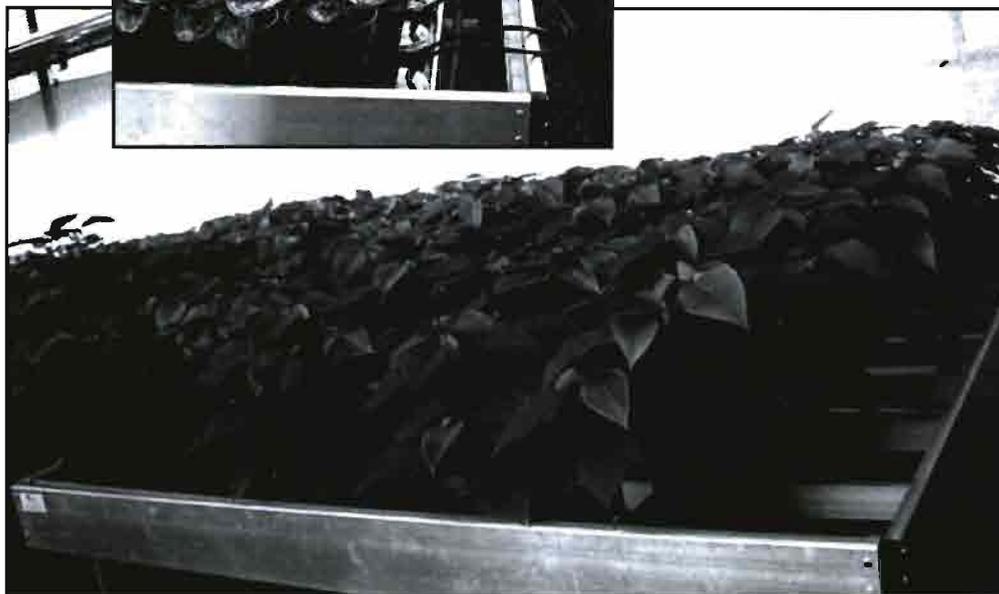




En la fotografía pequeña, subirrigación en canalones. Detalle de la entrada de agua en el canalón en un cultivo de cyclamen. Bajo estas líneas vemos un ensayo de poinsettia.



Análisis

Caracterización física de los sustratos de cultivo

En los sustratos, las propiedades físicas más importantes son las que informan sobre las relaciones aire-agua

Valentín Terés¹
Aitor Artetxe - Anabel Beunza²

¹ SIMA Gobierno Vasco
vteres@ikt.es - vteres@mx3.redestb.es
² Inkoa Sistemas - inkoa@100mbps.es

El primer problema que se plantea en el estudio de las propiedades físicas de un sustrato es determinar qué propiedades tienen interés y cuáles no. Para De Boodt (1975) el sustrato debe suministrar al sistema radicular el agua necesaria para el desarrollo de la planta y el aire necesario para la respiración de las raíces.

Por su parte Fonteno (1993), también otorga una gran importancia a las relaciones aire-agua y se plantea como objetivo para la investigación en sustratos la obtención de mezclas más eficientes para proporcionar a la planta agua disponible.

Curva de retención de agua y conductividad hidráulica

En el estudio de las relaciones aire agua en un sustrato hay dos aspectos importantes: la retención de agua por las partículas del sustrato y su movilidad por los conductos que forma el sistema poroso.

El agua retenida por las partículas de sustrato constituye la reserva de agua que, en mayor o menor medida, está a disposición de la planta. El volumen de poros no ocupado por agua está ocupado por aire y proporciona el medio adecuado para el intercambio de gases necesario para la respiración del sistema radicular.

Si la disponibilidad de aire es escasa, el intercambio de gases también lo será, se presentan condiciones de asfixia radicular que limitan el desarrollo de la planta y la

pueden hacer más susceptible al ataque de patógenos, en particular a los del sistema radicular. Si la disponibilidad de agua es baja la planta encuentra dificultades para su adecuada nutrición hídrica afectando a su desarrollo.

Las características físicas del sustrato junto con el adecuado manejo del riego permiten crear en el sustrato las condiciones de disponibilidad de aire y agua adecuadas para conseguir los objetivos de cultivo marcados, normalmente la máxima intensificación, pero en ocasiones puede tratarse de mantener la planta o manejar el agua de riego para obtener, por ejemplo, un mayor desarrollo radicular o un cambio en el estado fenológico.

La disponibilidad de agua está condicionada por la fuerza con la que está retenida a las partículas del sustrato y por la capacidad del sustrato de transportar el agua de los puntos en los que está en exceso a los puntos de demanda.

Cuando el sustrato está completamente saturado todos los poros están llenos de agua. La fuerza con la que el agua está retenida en el sustrato está en relación inversa al diámetro del poro que ocupa. Si tomamos una esponja y la metemos en agua, todos sus poros se llenan de agua, cuando se saca del agua, se vacían los poros mayores mientras que los más pequeños siguen saturados. Lo mismo ocurre en los sustratos de cultivo, los poros se van vaciando de agua en orden de mayor a menor diámetro. Así pues, es fácil comprender que el contenido de humedad será menor cuanto mayor sea la fuerza con la que el agua está retenida en el sustrato. Esta fuerza se mide mediante el potencial matricial o tensión de humedad. La relación entre el contenido de agua y la tensión de humedad es una característica propia de cada sustrato y se expresa mediante la curva de retención de agua.

La curva de retención de agua permite conocer las relaciones aire agua en condiciones de equilibrio estático, es decir cuando se cumple que, para todas y cada una de las partículas de agua presentes en el sustrato, es igual

la suma de todas las fuerzas que inciden en cada una de ellas (potencial hídrico). Cuando se aplica un riego o cuando se inicia la actividad absorbente de las raíces, intervienen nuevas fuerzas que rompen el equilibrio existente y se inicia un movimiento de agua que tiende a alcanzar un nuevo equilibrio. La capacidad del sustrato para permitir el movimiento del agua a través del espacio poroso, y por lo tanto para restablecer este equilibrio, se mide mediante la conductividad hidráulica.

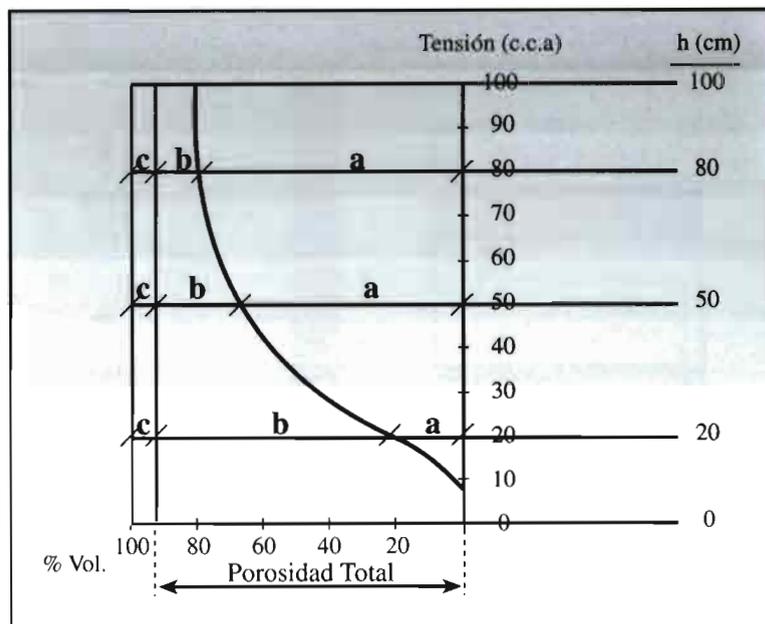
La relación entre el contenido de agua y la tensión de humedad es una característica propia de cada sustrato y se expresa mediante la curva de retención de agua.

Son varias las metodologías de laboratorio desarrolladas para obtener la curva de retención de agua o algunos valores relacionados con ella. Sin embargo, la medida de la conductividad hidráulica en sustratos de cultivo no está tan avanzada y no es fácil encontrar datos sobre este parámetro. Aún contando con la limitación que supone no disponer de datos sobre conductividad hidráulica, debe tenerse en cuenta que la información aportada por la curva de retención de agua puede explicar satisfactoriamente el comportamiento hídrico del sustrato y por lo tanto es importante conocer su significado.

Obtención de la curva de retención de agua

La curva de retención de agua se obtiene midiendo en laboratorio el reparto de volúmenes a diferentes tensiones, normalmente en el intervalo entre 0 y 100 cm de tensión. Para ello las muestras de sustrato se saturan, se someten a unos valores de tensión de humedad previamente fijados y una vez alcanzado el equilibrio se mide el reparto del volumen total entre material sólido, aire y agua. El volumen ocupado por el material sólido

Figura 1:
Curva de retención de agua



Reparto del volumen total entre aire (a), agua (b) y material sólido (c). Variación del reparto en función de la tensión de humedad. Similitud con el reparto volumétrico en una columna de sustrato.

lido se considera constante, es complementario de la porosidad total que se obtiene como suma de los volúmenes ocupado por agua y por aire (Figura 1).

Interpretación de la curva de retención de agua

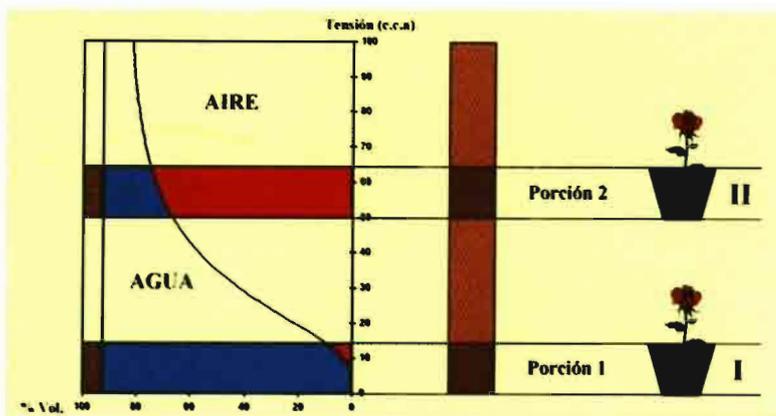
La curva de retención de agua de un sustrato representa la variación del reparto de fases (aire, agua y material sólido) en función del potencial matricial o tensión de tensión. Esta tensión de humedad tiene las mismas unidades que una presión, y como tal puede medirse como la altura de columna de un líquido (mercurio, agua, etc.). En el caso de sustratos es habitual expresar la tensión en cm de columna de agua.

Para entender el significado de la curva imaginemos que disponemos de un tubo de una sección apreciable, por ejemplo 15 cm de diámetro interior, y de una longitud de 1,5 metros. Lo ponemos en posición vertical, cerramos la cara inferior con una tapa y le acoplamos una válvula de drenaje. Cerramos la válvula y llenamos el tubo de sustrato sin apelmazar, añadimos agua para conseguir

una saturación completa del sustrato. Una vez saturado abrimos la válvula inferior y dejamos que drene libremente hasta que deje de salir agua. En ese momento cortamos el tubo a 1 metro de altura y retiramos el sustrato sobrante.

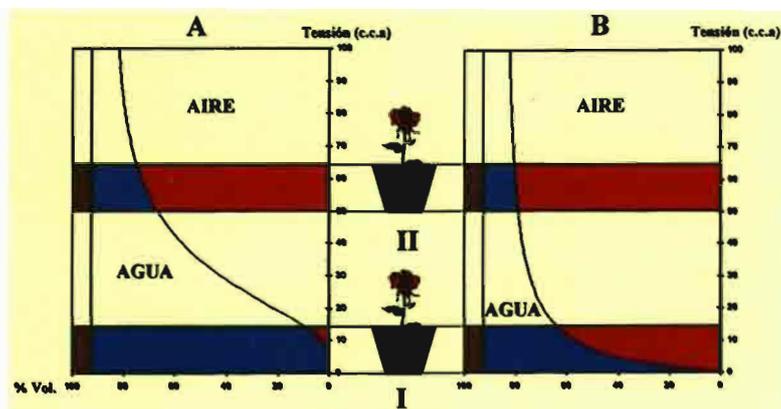
El reparto volumétrico de agua aire y material sólido en el sustrato a diferentes alturas, lo podemos obtener directamente a partir de la figura 1. El eje horizontal corresponde al reparto volumétrico de fases y el eje vertical a la tensión en unidades de altura de columna de agua. La columna de sustrato aparece a la derecha paralela al eje de tensiones. Para conocer el volumen de material sólido agua y aire en una determinada sección basta con trazar una horizontal. El segmento (a) comprendido entre el eje de tensiones y la curva de retención de agua representa el contenido de aire, el contenido de agua está representado por el segmento (b) comprendido entre la curva y la línea vertical que reparte el espacio total entre material sólido y porosidad total, finalmente el segmento (c) entre esta recta y la correspondiente al 100 % de volumen

Figura 2:
Volumen total entre aire, agua y material sólido



Variación entre porciones situadas a distinta altura y gradiente dentro de cada porción de columna de sustrato tensionado. Equivalencia entre la situación de la maceta y la porción de columna correspondiente: I Situación en equilibrio tras riego y drenaje (capacidad de contenedor). II Después de consumir parte del agua disponible.

Figura 3:
Situación de equilibrio



Maceta a capacidad de contenedor (I) y después de consumir parte del agua disponible (II). Incidencia de las propiedades físicas del sustrato: A: sustrato con elevada retención de agua y aireación escasa, B: sustrato con elevada aireación.

corresponde al volumen ocupado por el material sólido.

Este reparto representa una situación de equilibrio en todos los puntos de la columna del sustrato. Si en esta situación cortamos la columna en porciones (figura 2), cada una de estas porciones también está en equilibrio. A cada una de ellas le corresponde un determinado volumen de agua y aire y una variación de los mismos en altura que viene dado por la curva de retención de agua. Tanto los volúmenes como la variación en altura son función de la

posición de la porción dentro de la columna inicial (ver porciones 1 y 2 en la figura 2).

La similitud entre estas porciones de columna y la maceta es inmediata. Cuando el cultivo en maceta se riega y se deja drenar, la relación aire agua en maceta es equivalente a de una porción situada en la parte inferior de la columna y de la misma altura que la maceta (caso I figura 2), a este contenido de agua se le denomina capacidad de contenedor. Posteriormente, se inicia un descenso del contenido de humedad debido

a la actividad de la planta y a la evaporación. Podemos suponer que el reparto hídrico de la maceta corresponde a la situación de equilibrio estático, situación que, en general, no difiere mucho de la realidad. A la disminución del volumen de agua le corresponde un nuevo reparto volumétrico que vendrá representado por una porción de la columna situada más arriba (caso II figura 2).

Las características físicas del sustrato y el buen manejo del riego permiten disponer de condiciones de aire y agua adecuadas al cultivo

Aplicaciones

A partir de la curva de retención de agua y de la forma de la maceta, podemos calcular el contenido de agua para diferentes valores de tensión. Como criterio de riego fijaremos un valor máximo de la tensión de humedad o un contenido mínimo de agua. La dosis de riego se obtiene restando este contenido hídrico de la capacidad del contenedor, y mayorando esta diferencia para obtener, en su caso, el correspondiente porcentaje de drenaje.

La situación de equilibrio tras el drenaje posterior al riego, depende de las propiedades físicas del sustrato y de la forma y altura de la maceta. Si se corresponden con el caso A de la figura 3, el volumen ocupado por aire es escaso y la reserva de agua elevada. Si el sustrato se corresponde con el caso B de la figura 3, se da la situación contraria con un elevado volumen de aire y una escasa reserva de agua. Si la planta en cultivo es sensible a la falta de agua, es más adecuada la primera situación que la segunda, si se utilizara el segundo sustrato, el consumo de agua por la planta puede llevar de forma rápida a una situación de escasa disponibilidad, obligando a la aplicación de riegos frecuentes.

Si por el contrario la planta es sensible a la asfixia radicular la

primera situación puede ser muy peligrosa. El volumen de aire tras el drenaje no es suficiente para cubrir la demanda de oxigenación de las raíces. A medida que la planta consume agua aumenta el volumen ocupado por aire y la situación mejora. Si tras el riego se dan situaciones prolongadas de baja luminosidad y/o bajas temperaturas, el consumo de la planta es bajo y las condiciones de asfixia permanecen durante un tiempo prolongado afectando al desarrollo del cultivo. Si por el contrario nos encontramos en el segundo caso, es difícil que se den condiciones de asfixia, tras el riego, el drenaje proporciona una situación con un elevado volumen ocupado por aire por tanto, las condiciones son adecuadas para el desarrollo de la planta desde el momento mismo en que cesa el drenaje.

Por último es necesario incidir en la importancia que tiene la homogeneidad del sustrato, tanto dentro del mismo lote como entre los diferentes lotes. La curva de retención de agua es muy sensi-

ble a las variaciones de la granulometría o de la longitud de fibra del material que constituye el sustrato. Si el lote de sustrato no se ha homogeneizado puede ocurrir que las macetas tengan sustrato de diferentes propiedades físicas,

Es difícil encontrar sensores comerciales diseñados para el control de riego en maceta que permitan conocer cuando se ha alcanzado el nivel hídrico marcado como criterio de riego

en estas condiciones cuando unas macetas tengan un contenido adecuado de agua en otras se darán condiciones de asfixia o de falta de agua haciendo difícil un buen manejo del agua de riego.

De esto se deducen dos conclusiones importantes:

* El cambio de sustrato supone necesariamente el cambio de los criterios de riego.

* Si en una misma explotación se trabaja con dos sustratos diferentes, los riegos de uno y otro deben ser independientes.

Como consecuencia la homogeneidad de las propiedades físicas de un sustrato y su mantenimiento en los diferentes lotes año tras año es de gran importancia para poder aplicar adecuadamente el riego y por lo tanto es un factor de calidad de primera magnitud.

BIBLIOGRAFIA

- De Boodt, M. 1975. Caractères physiques et disponibilité en eau des substrats. *Annales de Gembloux* 81.
- Fonteno, W.C. 1993. Problems & considerations in determining physical properties of horticultural substrates. *Acta horticultrae* 342.

CULTIVAR

como un juego de niños



mosa produce máquinas y sistemas para la agricultura integrando la mecánica y la electrónica de vanguardia con sencillez y seguridad para optimizar vuestro trabajo y hacerlo siempre más fácil, menos pesado, más productivo y remunerador.

Como un juego de niños.

mosa

Máquinas y sistemas avanzados para la agricultura

MOSA srl 33083 CHIONS (PORDENONE) Italy Via Marconi 14



INTEPELADNOS !

Os daremos informaciones y material ilustrativo de nuestra producción
Tel. +39 434.630025
Fax +39 434.630408
PORTUGAL-NEOQUIMICA- Apartado 97
Vala do Carregado - 2580 CARREGADO
TEL. 63.8504200 - FAX 63.8504210