

La fertirrigación y su aplicación a los cultivos hidropónicos

El sistema de riego debe distribuir la solución nutritiva de manera uniforme en todo el cultivo

En los sistemas de cultivo que no utilizan sustrato, no sólo se deben cubrir todas las necesidades hídricas y minerales de las plantas, sino que además hay que asegurarse de que las raíces estén bien oxigenadas, con objeto de que puedan realizar todas sus funciones adecuadamente.

● Evaristo Martínez Caldevilla.

Ingeniero Técnico Agrícola. Especialista en cultivos sin suelo.

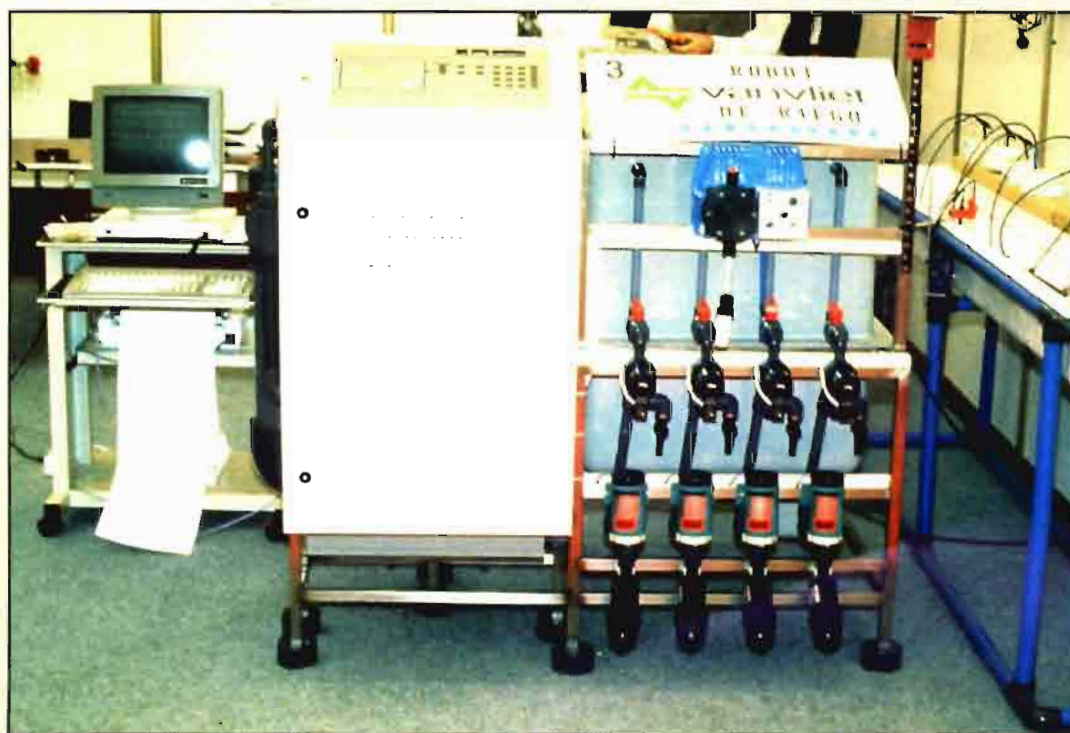
En principio se denominan cultivos hidropónicos a aquellos que se desarrollan sobre sistemas que no utilizan ningún tipo de sustrato. Posteriormente se incluyeron bajo el mismo nombre a todos los sistemas de cultivo que utilizan sustratos, siempre y cuando sean químicamente inertes, es decir, sin capacidad de intercambio catiónico. Por lo tanto, en este medio siempre que regamos, tenemos que aportar todos y cada uno de los nutrientes necesarios para el óptimo desarrollo agronómico de los cultivos. Así nace el concepto de fertirrigación (agua + fertilizantes) para diferenciarlo del riego como aporte únicamente de agua que se utiliza en la agricultura tradicional. En fertirrigación en lugar de manejar agua, manejamos soluciones nutritivas que son el resultado de diluir en el agua de riego las cantidades de fertilizantes necesarias para proporcionar las concentraciones estimadas para obtener una completa y correcta nutrición de las plantas.

Disponibilidad de la solución nutritiva

El agua, o en nuestro caso la solución nutritiva, está retenida en los sustratos y en los suelos, con una cantidad de energía que las plantas deben vencer aplicando una determinada cantidad de trabajo para extraerla. Todos los factores que tienden a retener o expulsar la solución del sustrato se engloban bajo el concepto de potencial del agua. La disponibilidad del agua o de la solución nutritiva en un sustrato depende de los mis-

mos factores que en el suelo, únicamente cambia la magnitud de las fuerzas que intervienen. Para ilustrar las condiciones tan distintas que se dan entre un sustrato y un suelo, podemos decir que mientras los rangos de utilización de agua por el cultivo, expresando el potencial de agua en cm de columna de agua, estarían comprendidos entre 0 y 100 cm en un sustrato, en suelo cuando aplicamos riego tradicional llegamos hasta 1.500 cm y si disponemos de riego por goteo llegaríamos hasta 300 cm.

Potencial mátrico es el que generan los mecanismos de retención del agua del suelo, denominados mecanismos de adhesión y cohesión. Cuanto más seco se encuentre el sustrato, mayor es la presión que hay que aplicar para extraer la solución nutritiva y por tanto mayor cantidad de energía tendrá que emplear la planta para extraerla. Las variaciones del potencial mátrico dependen de las propiedades físicas del sustrato. Por otra parte, la solución nutritiva es una solución salina, luego como tal origina el fenómeno de ósmosis. Cuando dos soluciones de distinta concentración están separadas por una membrana semipermeable (la pared radical actúa como una membrana) se produce un movimiento desde la solución más diluida a la más concentrada. La presión que origina este movimiento se denomina presión osmótica y es equivalente al potencial osmótico, otro componente del potencial hídrico. Cuando las aguas son de mala calidad tienen iones que tienden a acumularse porque la planta no los utiliza, o mejor dicho, los utiliza en cantidades mucho más pequeñas que las presentes en dichas aguas. Esto signifi-



Equipo de riego: ordenador, tanque de mezcla e impresora.



Tanques de solución madre.

ca un aumento en la concentración salina de la solución a la que corresponde un incremento en la cantidad de energía que tiene que aplicar la planta para vencer la diferencia de presión osmótica que se genera. Las plantas actúan de igual manera que una instalación desaladora de ósmosis inversa.

Si aumenta la concentración de las sales disueltas en la solución nutritiva, aumentará su conductividad eléctrica. Esta información la podemos obtener mediante muestreos periódicos de la solución de riego que retiene el sustrato. Los cambios de la conductividad eléctrica pueden acarrear problemas importantes que van desde un desarrollo deficiente del cultivo hasta problemas puntuales de graves consecuencias económicas, como pueden ser:

- "Cracking". Presencia de finas grietas en la piel. Las causas pueden estar motivadas por variaciones bruscas de la conductividad eléctrica del medio de cultivo.
- Pérdida de calibre. Asociada a una conductividad eléctrica del medio muy elevada.
- "Blossom end rot". Podredumbre apical producida por carencia de calcio. Causada por una conductividad eléctrica de la solución excesivamente elevada.

Dosificación de la fertirrigación

Mediante el riego, no solo debemos cubrir todas las necesidades hídricas y minerales de las plantas, sino que además debemos asegurarnos de que las raíces están bien oxigenadas, con objeto de que puedan realizar todas sus funciones adecuadamente. Esto significa que además de contar con una solución nutritiva adecuada al cultivo y su estado de desarrollo, en la práctica, para asegurarnos un buen funcionamiento de las raíces, también debemos de tener en cuenta cómo dosificamos estas necesidades; para lo cual, es imprescindible conocer y tener en cuenta las propiedades físicas del sustrato.

Como los sustratos son caros, para obtener la mayor rentabilidad, se tiende a emplear volúmenes reducidos y como consecuencia, nos vemos obligados a

fraccionar la fertirrigación que se necesita aportar diariamente para cubrir las necesidades del cultivo. Frecuentemente muy superiores a las que podría almacenar el sustrato.

Se denominan sistemas cerrados a aquellos sistemas que recirculan la solución de riego, tengan o no sustrato. En primer lugar nos referimos a los que disponen de sustrato que son los más numerosos. En los sistemas cerrados, es fácil caer en la tentación de regar en exceso pensando que como recuperamos la solución nutritiva que el cultivo no utilice, carece de importancia y además evitamos correr el riesgo de quedarnos cortos a la hora de dosificar las cantidades necesarias para el cultivo. Si así lo hacemos, podemos cometer un error importante, pues no estamos considerando la aireación del medio y esto nos puede conducir a problemas de mayor o menor intensidad dependiendo de las propiedades físicas del sustrato. Por tanto, la forma en que se aplican las necesidades de riego va a depender de:

- Las propiedades físicas del sustrato.
- Volumen de sustrato utilizado por planta.
- Los drenajes.

El buen funcionamiento de los drenajes y la altura a la que se hacen influye en dos sentidos: si una parte del sustrato se encuentra sumergida en la solución nutritiva, ese volumen no cumple las propiedades físicas por las cuáles hemos elegido ese sustrato; desde ese punto de vista, es un volumen despreciado. En segundo lugar, debemos de considerar que esa solución estancada en la base de nuestro contenedor es un medio ideal para que se propaguen determinadas enfermedades. Un buen ejemplo lo constituyen los *Pythium*; estos hongos necesitan la presencia de agua para reproducirse y sus esporas son capaces de nadar ciertas distancias para parasitar las raíces de un huésped.

En los sistemas de cultivo que no utilizan sustrato, la solución nutritiva ha de estar recirculando constantemente, de tal manera que las necesidades de fertirrigación se cubren mediante la reposi-



Automatismo de riego: solarímetro.

ción del volumen inicial en el tanque de riego. Normalmente esto se hará de forma automática, con lo cual, no es necesario conocer las necesidades del cultivo. La necesidad de oxigenación de las raíces, causa por la que fracasan muchos de estos sistemas, debe de estar garantizada mediante el adecuado diseño del soporte de cultivo. Evidentemente, en este caso, la dosificación del riego no supone ningún problema, no obstante, el seguimiento de la solución nutritiva debe de ser más exhaustivo que cuando contamos con un sustrato, dado que el volumen total de solución en el sistema de cultivo es mucho menor y por tanto las variaciones tienden a presentarse más bruscamente.

Instalación de campo

Un sistema de riego debe distribuir la solución nutritiva uniformemente en todo el cultivo, de tal manera que todos los emisores proporcionen el mismo caudal. La inversión que realizamos en riego normalmente se amortiza a los diez años. Pues bien, deberíamos pararnos a pensar cuanto representa la cantidad invertida por metro cuadrado de cultivo y año, para compararla luego con los gastos que origina una instalación deficiente en capítulos como: energía eléctrica, agua o fertilizantes. También, debemos incluir las pérdidas ocasionadas en la producción, tanto en la cantidad como en la calidad y que están directamente relacionados con una red de distribución de riego deficiente.

Nuestra instalación debe poseer un Coeficiente de Uniformidad de riego (CU) superior al 90%. Una forma de evaluar la bondad de un sistema de riego es aplicando el CU que se representa por medio de la siguiente expresión:

$$C.U. = 100 \cdot 25\% \cdot n^{-1}$$

Donde: 25% es la media del caudal correspondiente al 25% de los emisores con menor caudal y n es la media del caudal de todos los emisores.

Sí la instalación es pequeña se puede preparar la solución nutritiva diluyendo directamente las cantidades necesarias de los distintos abonos en un recipiente que contenga la cantidad suficiente de agua para cubrir las necesidades de cultivo de al menos un día. En instalaciones mayores, donde tal sistema es inviable, se recurre a equipos de inyección de soluciones concentradas, también llamadas soluciones madre que se mezclan con el agua de riego mediante distintos métodos. Estos equipos nos permiten cambiar las proporciones de inyección de los distintos abonos y disponer de distintas formulaciones capaces de atender a varios cultivos.

Ordenadores de riego

Partiendo de las nuevas necesidades, tanto en la forma de aportar los fertilizantes como en la dosificación del riego que surgen con la hidroponía, se desarrollan equipos que son capaces de satisfacer esas necesidades y además se imponen paulatinamente en las instalaciones que se utilizan en horticultura intensiva, incluso en aquellas en que se trabaja con el suelo. Por un lado, por la comodidad que proporcionan al operario de riego y también, porque cumplen con la creciente demanda de precisión en la fertilización de los cultivos que se realizan en suelo. Cada día hay más técnicos que consideran al suelo en la horticultura intensiva, como mero soporte de las plantas y le manejan como si fuera un sustrato de gran volumen, aplicando técnicas similares a las que se aplican en los cultivos sin suelo. Por otro lado, tampoco podemos olvidar la presión comercial que las firmas que comercializan productos de riego ejercen sobre sus clientes.

Estos equipos cumplen dos funciones: confeccionan la solución nutritiva y controlan la dosificación de la fertirrigación.

GRAN PRECISION EN SIEMBRA Y ABONADO



Abonadoras de 800 a 2.000 l. en uno y dos discos, de gran precisión.



Sembradora monograno neumática de precisión, para maíz, girasol, remolacha, etc.



Abonadora localizadora para cultivos en líneas de 3 a 6 líneas.



JULIO GIL AGUEDA E HIJOS, S.A.

Teléfonos: 884 54 29 y 884 54 49 - Fax: 884 14 87
Carretera de Alcalá Km. 10 - 28814 DAGANZO (MADRID)

CULTIVOS HIDROPÓNICOS

Para confeccionar la solución nutritiva disponemos de un sencillo ordenador donde se programan las proporciones que deseamos que tome de cada tanque de solución madre, normalmente expresadas en tanto por ciento. También tenemos que introducir los datos correspondientes a la conductividad eléctrica (CE) y el pH de la solución deseada. Estos equipos controlan mediante bombas y electroválvulas, la dosificación de agua y fertilizantes que se mezclan en un tanque en la proporción deseada y como resultado obtenemos una solución nutritiva que cumple las consignas programadas de CE y pH. Seguidamente aplican al cultivo la solución resultante.

Modo de preparar una solución madre

Para preparar una solución madre se utilizan varios tanques. La instalación más simple, donde debemos ajustar el pH manualmente, constaría de dos tanques. En el caso que se quiera automatizar el ajuste del pH necesitamos un tercer tanque independiente para albergar el ácido o la base. Si deseamos una mayor versatilidad y disponer de una instalación capaz de confeccionar distintas soluciones de riego, necesitaríamos un tanque para cada fertilizante.

En cualquier caso debemos considerar una serie de normas a la hora de preparar las soluciones madre:

- No podemos mezclar en el mismo tanque el nitrato de cal con sulfatos o fosfatos ya que se producirían precipitaciones que podrían obstruir las canalizaciones.
- El pH de la solución que contenga los quelatos debe ajustarse entre 5.5 y 6.5 para evitar la degradación de los quelatos.
- Es conveniente repartir los abonos en los tanques en cantidades similares.

Debemos asegurarnos de que los fertilizantes se han disuelto completamente. Para ello, los tanques deben disponer de un sistema de agitación que facilitará la disolución de los fertilizantes y no debemos sobrepasar las cantidades máximas que se pueden diluir. Determinados fertilizantes, cuya densidad es superior a la del agua, como el ácido fosfórico y el ácido nítrico, tienden a depositarse en el fondo del tanque; de ahí la necesidad de homogeneizar la mezcla antes de confeccionar la solución nutritiva. En el caso de los fertilizantes sólidos esta práctica, una vez que están diluidos, no es recomendable, pues cualquier impureza que contengan se deposita en el fondo del tanque y mediante la agitación de la mezcla antes de regar, estas partículas quedarían en suspensión y se introducirían en el circuito de riego. La **Tabla 1** recoge los fertilizantes más comúnmente utilizados para proporcionar los macroelementos que necesitamos en hidroponía y la **Tabla 2** recoge la solubilidad de los

TABLA 1. FERTILIZANTES MÁS COMÚNMENTE UTILIZADOS PARA PROPORCIONAR LOS MACROELEMENTOS NECESARIOS PARA PREPARAR UNA SOLUCIÓN NUTRITIVA

Fertilizante	Elemento químico	Forma iónica
Nitrato cálcico	Nitrógeno y calcio	NO_3^- y Ca^{2+}
Nitrato potásico	Nitrógeno y potasio	NO_3^- y K^+
Nitrato magnésico	Nitrógeno y magnesio	NO_3^- y Mg^{2+}
Nitrato amónico	Nitrógeno	NO_3^- y NH_4^+
Acido nítrico	Nitrógeno	NO_3^-
Fosfato monopotásico	Fósforo y potasio	H_2PO_4^- y K^+
Fosfato monoamónico	Fósforo y nitrógeno	H_2PO_4^- y NH_4^+
Acido fosfórico	Fósforo	H_2PO_4^-
Sulfato potásico	Azufre y potasio	SO_4^{2-} y K^+
Sulfato magnésico	Azufre y magnesio	SO_4^{2-} y Mg^{2+}
Cloruro potásico	Cloruro y potasio	Cl^- y K^+

fertilizantes a la temperatura de 20°C.

Para aplicar los microelementos normalmente se utilizan complejos formulados específicamente para su uso en hidroponía, lo que simplifica de un modo muy eficaz el trabajo dadas las pequeñas cantidades en las que se necesitan. Algunos de los más utilizados son: Nutrel C, Librel Mix Al, Hidromix o Tradecorp AZ.

TABLA 2. SOLUBILIDAD A 20 °C DE LOS FERTILIZANTES MÁS COMÚNMENTE EMPLEADOS EN FERTIRRIGACIÓN

Fertilizante	Solubilidad (g·L ⁻¹)
Nitrato cálcico	1.200
Nitrato potásico	310
Nitrato magnésico	279
Nitrato amónico	1900
Fosfato monopotásico	230
Fosfato monoamónico	220
Sulfato potásico	110
Sulfato magnésico	710
Cloruro potásico	340

Necesidades de riego

En los sistemas que utilizan sustratos, una de las mayores dificultades que presentan para su manejo estriba en conocer las necesidades de riego de los cultivos.

En una pequeña explotación podríamos servirnos de la información que nos proporciona el drenaje para dar los riegos, pero normalmente, al menos en las fincas de un cierto tamaño, se sirven de automatismos que nos indican cuando debemos regar. Podríamos dividir estos automatismos en dos grupos:

- Los que activan el riego directamente.
- Los que necesitan conocer la relación que existe entre las necesidades hídricas y los datos suministrados.

Al primer grupo pertenecen, por ejemplo, las bandejas de drenaje y al segundo el solarímetro.

Cuando existe una bandeja de drenaje o un automatismo similar, únicamente se establece la dotación de riego, es decir, el caudal que se aplica cada vez que regamos. Este automatismo se encarga de activar el riego cuando es necesario. En el caso de que al ordenador de riego le lleguen los datos suministrados por un solarímetro, debemos conocer además, la relación que existe entre la cantidad de energía acumulada y el caudal que corresponde aplicar, en función del estado fenológico del cultivo. Las necesidades de riego de un cultivo no solo varían a lo largo del día, si no que también dependen de otros factores tales como:

- La curva de retención de agua del sustrato.
- Especie cultivada y estado de desarrollo.
- Climatología.
- La instalación de riego. ■



Vista parcial de una finca de cultivo sobre sacos de arena.