

Cultivos sin suelo: soluciones nutritivas y fertirrigación

Fertilizantes más usados para proporcionar los elementos esenciales para el proceso biológico de las plantas

Para completar su ciclo biológico, las plantas precisan de una serie de elementos químicos que resultan imprescindibles y que denominamos "elementos esenciales". Estos elementos se necesitan en cantidades que varían considerablemente de unos a otros; según sean las cantidades en que la planta los requiere, se dividen en dos grandes grupos: macronutrientes y micronutrientes u oligoelementos. Las cantidades necesarias de los distintos elementos nutritivos, fundamentalmente de macroelementos, así como la relación que existe entre ellos varían según el estado fenológico en que se encuentra el cultivo. Todos los elementos químicos son asimilados por las plantas en forma de iones.

Podemos decir que una solución nutritiva es el resultado de diluir en el agua de riego aquellas cantidades de fertilizantes necesarias para proporcionar las concentraciones estimadas para una completa y correcta nutrición de las plantas. El **cuadro I** recoge los fertilizantes más utilizados para proporcionar los macroelementos que necesitamos.

Para aplicar los microelementos, normalmente se utilizan complejos formulados específicamente para su uso en hidroponía, lo que



Cultivo hidropónico de pimiento (*Capsicum annuum*) con solución nutritiva recirculante.

Con esta segunda parte, sobre consejos prácticos a la hora de aplicar soluciones nutritivas y fertirrigación, se completa el artículo sobre cultivos sin suelo publicado en el número anterior de Vida Rural.

Evaristo Martínez y José M. Durán.

Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.

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. No obstante, en el **cuadro II** se recogen los fertilizantes que podemos emplear para aportar los microelementos necesarios.

Factores que hay que considerar a la hora de elaborar una solución nutritiva

Hay que resaltar que, hoy por hoy, no existe una formulación normalizada para cada cultivo, pues depende de muchos factores, como son:

- La especie, incluso la variedad.
- Las características comerciales requeridas.

• Aspectos económicos, entre los que conviene resaltar los comerciales.

• Conservación, transporte y calidad están directamente relacionados con la solución nutritiva y su manejo.

• El estado de desarrollo.

• Las condiciones climáticas. Factores ambientales tales como luz, temperatura y humedad relativa son decisivos.

• Los métodos de cultivo. Por ejemplo, distintos sustratos requieren diferentes soluciones nutritivas, así como manejos diferentes.

Existen soluciones nutritivas enunciadas por autores de renombre, como pueden ser las representadas en el **cuadro III**, donde podemos apreciar las diferencias de concentraciones expresadas en la formulación de una solución nutritiva para un mismo cultivo. Este caso se refiere al tomate y las cantidades están expresadas en milimoles por litro (mM).

Mediante este ejemplo se puede apreciar la disparidad de criterios. Se pretende, con ello, resaltar la dificultad que existe para formular la solución nutritiva óptima para un cultivo. No obstante, debemos tener en cuenta que las plantas poseen una alta capacidad para extraer los nutrientes que necesitan de una solución nutritiva, aunque ésta no esté perfectamente formulada (Steiner, 1980). Incluso, se ha demostrado que utilizando soluciones nutritivas diferentes se han conseguido producciones iguales en cantidad y calidad (Sonneveld y Voogt, 1985).

Es muy importante tener en cuenta la experiencia acumulada en una determinada zona a la hora de formular una solución nutritiva. Evidentemente, cuanto mayor sea el control ejercido sobre los distintos factores que influyen en el desarrollo de un cultivo, mayor importancia tendrá la dosificación adecuada de las concentraciones aportadas por cada nutriente.

CUADRO I. 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 ₂ PO ₄ ⁻
Fosfato monoamónico	Fósforo y nitrógeno	H ₂ PO ₄ ⁻ y NH ₄ ⁺
Acido fosfórico	Fósforo	H ₂ PO ₄ ⁻
Sulfato potásico	Azufre y potasio	SO ₄ ²⁻ y K ⁺
Sulfato magnésico	Azufre y magnesio	SO ₄ ²⁻ y Mg ²⁺

Calculo de soluciones nutritivas

Para calcular una solución nutritiva se pueden utilizar distintos procedimientos. Seguidamente se expone uno de ellos, que consta de seis etapas.

- Establecer los niveles adecuados de cada elemento; es decir, tenemos que partir de una solución nutritiva determinada.
- Conocer la composición química del agua de riego.
- Ajustar el pH de la solución entre 5.5 y 5.8, mediante adición de un ácido (ácido nítrico o fosfórico) o una base (hidróxido potásico, carbonato potásico).
- Ajustar los macroelementos en las unidades correspondientes. Normalmente se expresan en milimoles por litro (mM).
- Ajustar los microelementos en partes por millón (ppm) o lo que es lo mismo, miligramos por litro ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$).
- Establecer la conductividad eléctrica de la solución nutritiva ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$).

Aguas de riego

Todas las aguas de riego contienen sales cuya presencia debemos conocer, tanto cuantitativa como cualitativamente. La información proporcionada por el análisis cumplirá las siguientes funciones:

- En el caso de los iones nutrientes que proporciona el agua, disminuir la cantidad a aportar mediante los abonos minerales.
- Conocer la cantidad de ácido o base necesarios para ajustar el pH.
- Conocer las concentraciones de aquellos iones que no son necesarios pero se encuentran presentes en el agua de riego. Muchas veces, determinados iones superan las cantidades necesarias e, incluso, pueden llegar a presentar problemas de fitotoxicidad, debido a las altas concentraciones que alcanzan en el agua.

• Conocer la conductividad eléctrica del agua.

• La información proporcionada por la analítica del agua nos servirá, en determinados casos, para descartar su uso en un cultivo determinado por la influencia negativa que tendría sobre la producción. En casos extremos, puede que la mala calidad del agua haga inviable su uso para cualquier cultivo.



La calidad del agua de riego es fundamental para preparar una solución nutritiva correcta. Las plantas desaladoras por ósmosis inversa producen agua de excelente calidad.

Preparación de la solución nutritiva

Si la instalación es pequeña, se puede preparar la solución 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, al menos para un día. En instalaciones mayores, donde tal sistema es inviable, se recurre a equipos de inyección de

CUADRO II. FERTILIZANTES EMPLEADOS PARA APORTAR LOS MICRONUTRIENTES NECESARIOS PARA PREPARAR SOLUCIONES NUTRITIVAS

MICROELEMENTOS	FERTILIZANTES
Hierro	EDTA-Fe EDDHA-Fe DTPA-Fe
Manganeso	Sulfato de manganeso EDTA-Mn
Cobre	EDTA-Cu Sulfato de cobre
Zinc	Sulfato de zinc EDTA-Zn
Boro	Tetra borato de sodio Acido bórico
Molibdeno	Hepta molibdato amónico Molibdato de sodio

CUADRO III. CONCENTRACIÓN IÓNICA, EXPRESADA EN MILIMOLES POR LITRO (mM), DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA PARA UN CULTIVO DE TOMATE, RECOMENDADA POR DIFERENTES AUTORES

AUTOR	NO_3^-	H_2PO_4^-	HPO_4^{2-}	SO_4^{2-}	NH_4^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+
Coic-Lesaint	12.0	—	1.65	0.75	2.00	3.10	0.75	5.2
Sonneveld	10.5	1.50	—	2.50	0.50	3.75	1.00	7.0

■ Fertilizantes cristalinos solubles.

■ Microelementos quelatados.

■ Ácidos húmicos y materias orgánicas líquidas.

■ Bioestimulantes y aminoácidos.

■ Productos especiales.

El Resultado



Calidad **TOTAL** en
NUTRICIÓN VEGETAL



AGRI nova[®]
by BIONET

soluciones concentradas, también llamadas "soluciones madre", al agua de riego mediante distintos métodos. Estas instalaciones nos permiten, además, cambiar las proporciones de inyección de los distintos abonos y disponer, por tanto, de distintas formulaciones capaces de atender a varios cultivos.

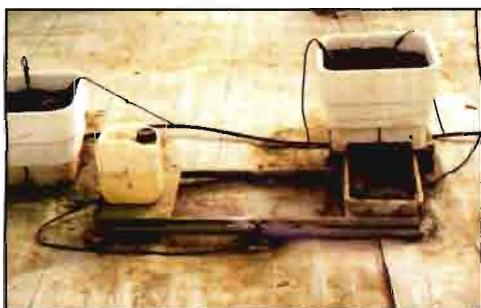
Normalmente, las soluciones madre se preparan 100 veces más concentradas que la solución nutritiva que llega al cultivo. Si queremos concentrarlas más, debemos considerar la solubilidad de los fertilizantes que estamos utilizando, pues si se concentran en exceso podrían producirse precipitaciones en los tanques que las contienen, lo cual dificultaría su distribución.

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 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 éstos.
- Es conveniente repartir los abonos en los tanques en cantidades similares.
- Asegurarse 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, además, nos permite homogeneizar la mezcla antes de regar. Determi-



lza., bandeja de riego. A la dcha., estación meteorológica completa, con sensores de temperatura y humedad relativa del aire, solarímetro, cubeta evapormétrica y lisímetro, en un invernadero de Almería.



Canalón de propileno expandido utilizado para recoger los drenajes procedentes de cultivo hidropónico.

nados abonos, cuya densidad es superior a la del agua, tienden a depositarse en el fondo del tanque; de ahí la necesidad de homogeneizar la solución nutritiva antes de distribuirla al cultivo.

Fertirrigación

Siempre que regamos un cultivo hidropónico debemos hacerlo con una solución nutritiva; es decir, agua a la que hemos incorporado todos los fertilizantes minerales necesarios para la correcta nutrición de las plantas.

Mediante el riego, no sólo debemos cubrir todas las necesidades hídricas y minerales de las plantas, sino que, además, debemos asegurarnos que las raíces están bien oxigenadas, con objeto de que puedan realizar todas sus funciones adecuadamente. Esto depende, fundamentalmente, de tres factores:

- Características físicas del sustrato.
- Volumen de sustrato empleado en cada planta.
- Buen funcionamiento de los drenajes.

Normalmente, aquellos sistemas de cultivo hidropónico que, por razones de economía, utilizan poco volumen de sustrato por planta, consecuentemente, no pueden almacenar las necesidades de agua para un día. Esto implica que, para mantener las propiedades de físicas del sustrato y atender las necesidades de las plantas, debemos fragmentar el riego. Así, denominamos dotación de riego a la cantidad de solución nutritiva que aportamos de una vez y frecuencia al nú-



mero de veces que lo hacemos en un día.

Drenaje

Se llama drenaje al exceso de riego que debemos aportar para evitar la acumulación de sales en el sustrato. El agua de riego puede contener iones que en determinadas concentraciones resultan perjudiciales para el cultivo e, incluso, podrían llegar a causar problemas de toxicidad. El volumen de drenaje depende de varios factores:

- Calidad del agua de riego.
- Exigencias del cultivo.
- Climatología.

Necesidades de riego

En los sistemas abiertos o con drenaje libre, también llamados de "solución perdida", una de las mayores dificultades 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. Normalmente, 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.

Programación del riego

Programar un riego significa definir para un cultivo la dotación y la frecuencia de riego para uno o varios días, en un lugar determinado.

Cuando existe una bandeja de drenaje o automatismo similar, únicamente se establece la dotación de riego; 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 la cantidad de riego que corresponde a una determinada cantidad de energía acumulada. Las necesidades de riego de un cultivo no sólo varían a lo largo del día, sino que también dependen de otros factores, tales como:

- Tipo de sustrato.
- Especie cultivada y estado de desarrollo.
- Climatología.
- La instalación de riego.

Durante la noche, las necesidades de riego suelen ser poco importantes y, prácticamente, se reducen a restituir las pérdidas que pueden tener algunos sustratos. ■