

FERTIRRIGACIÓN Y CONDICIONAMIENTO DEL AGUA EN VIVEROS

PUBLICAR A HORTICULTURA

Xavier Martínez i Sagarra
Ingeniero Técnico Agrícola
ITC

La mejora que los sistemas de fertirrigación ejercen sobre el producto en un vivero no afecta únicamente a un rendimiento en la producción, como podría entenderse en un cultivo en el que se recoge un fruto. Tampoco debe ser entendido únicamente como la reducción en el período de cultivo necesario para cosechar, aunque en determinados cultivos, y muy especialmente en ornamentales, ésto sea un valor añadido bien por la reducción de costes, bien por el incremento de precio obtenido por una dimensión superior del producto o una mejora en su estado nutricional.

El suministro de una planta correctamente fertilizada conlleva una mejor adaptación a sus condiciones definitivas, una disminución en las pérdidas posteriores y, en definitiva, en el valor añadido y la diferenciación del mismo en el mercado.

CULTIVO EN CONTENEDOR

Los sistemas de abonado que incorporan sólidos al sustrato en cultivos en contenedor implican una carga de trabajo manual importante en la cobertera. El uso de estos sistemas como abonado de fondo en contenedores de poca capacidad sometidos a altas tasas de pluviometría origina una liberación en momentos en los que la planta no solicita nutrientes, y un drenaje posterior que en muchas ocasiones se pierde.

La práctica de la fertirrigación nos permite la fertilización del cultivo adaptada a cada momento, incluso prescindiendo de un abonado de fondo, o reduciéndolo a aquellos elementos que puedan almacenarse en el complejo de intercambio catiónico en determinados sustratos, conllevando un ahorro innegable en mano de obra, una homogeneidad en la distribución y la posibilidad de usar fertilizantes solubles convencionales de bajo costo.

DIVERSIFICACIÓN EN LA GESTIÓN DEL ABONADO

Si algo caracteriza el viverismo, además de la cosecha de la planta en su conjunto, suele ser la diversidad de necesidades en una misma explotación. Esto se debe a que se dispone de planta en semillero, planta joven, planta en crecimiento y, en ocasiones, en “endurecimiento” o adaptación a condiciones de cultivo más duras que van a encarar en su destino después del vivero. Simultáneamente, no es difícil que una misma explotación cultive muy diferentes cultivos con sus correspondientes diferentes exigencias

nutricionales. Todo ello hace que la fertilización en viverismo exija de una total adaptabilidad del sistema.

Por otra parte, la necesidad de contención del sistema radicular en un espacio reducido que luego no dificulte su extracción, transporte o aclimatación, hace que nos encontremos con programas de riego de alta frecuencia y ciclos cortos. En estos casos, no es posible aplicar los diferentes fertilizantes de manera secuencial, ya que el tiempo de que disponemos es poco y, en ocasiones, deberemos sacrificar una parte del mismo para el pre-riego y el post-riego, ya que puede mediar una distancia-tiempo entre el punto de inyección y la separación de los diferentes sectores. La aplicación simultánea de diferentes fertilizantes es la opción más adecuada. Tener los diferentes fertilizantes en depósitos separados nos permitirá aplicarlos en diferentes proporciones dependiendo de la especie/variedad y del estado de desarrollo del mismo.

Esta diferenciación puede realizarse dosificando simultáneamente con una bomba por depósito, controladas independientemente, aunque esta opción puede ser cara y de compleja instalación. La adopción de dosificadoras multicabezal permite inyectar diferentes productos simultáneamente con un control individual de cada uno de ellos. Este control puede automatizarse dotando cada cabezal con un servomotor, que determinará la carrera del pistón o el diafragma para obtener un determinado caudal. Al mismo tiempo, la frecuencia de las inyecciones puede variarse alimentando la dosificadora a través de un variador de frecuencia.

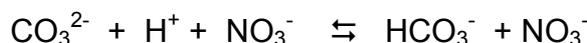
El controlador ITC CONTROLLER SERVOS®, convenientemente conectado a un caudalímetro de inserción de alta frecuencia y electrodos de pH y Conductividad Eléctrica, permite la inyección de hasta seis diferentes fertilizantes y un ácido de manera PROPORCIONAL o para conseguir una consigna de CE y controlando simultáneamente el pH en línea. Es posible, además, definir diferentes consignas para los diferentes sectores en funcionamiento de tal manera que el equilibrio entre los diferentes fertilizantes y la proporción (o CE) escogidos, así como el pH sean específicos para cada sector. La diferenciación entre sectores (o fórmulas de fertirrigación) se lleva a cabo tanto a través del variador de frecuencia como a través del posicionamiento de los servomotores.

El sistema permite la adopción de 12 diferentes consignas, ampliable hasta 99, lo que le confiere una gran versatilidad.

TRATAMIENTOS EN NEBULIZACIÓN

La realización de nebulizaciones periódicas (Fog, Mist) especialmente en semilleros y estaquillados puede verse afectada por la presencia de bicarbonatos y carbonatos en el agua. Éstos pueden precipitar en forma de carbonato cálcico en los emisores, provocando una falta de homogeneidad en la emisión, falta de eficacia o obturación de los mismos. También pueden precipitar sobre las hojas de plantas, lo que perjudica el valor ornamental de algunos cultivos.

Este problema tiene fácil solución mediante el tratamiento del agua con un ácido hasta la neutralización del bicarbonato. La neutralización del ión carbonato con un ácido (nitríco, en el ejemplo) produce bicarbonato:



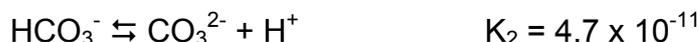
... y, posteriormente, si continuamos con la neutralización, este bicarbonato produce ácido carbónico:



De este modo el bicarbonato, una vez transformado en dióxido de carbono sería eliminado, siendo substituido en la solución del por el ión nitrato.

Asegurando la ausencia del ión carbonato, aseguraremos en gran medida la posibilidad de que en la concentración producida por la evaporación en el emisor se nos produzca un precipitado. Ninguna de las otras dos especies bicarbonato ni ácido carbónico o dióxido de carbono nos van a producir en general problemas en emisores.

Las constantes de equilibrio de la disociación del ácido carbónico y del bicarbonato son las siguientes:



Calculando de acuerdo con las constantes de equilibrio de los dos equilibrios anteriormente detallados, sabemos que en una solución a pH 8,3 encontraremos casi únicamente la especie bicarbonato HCO_3^- , mientras que a pH superior, tendremos bicarbonatos y carbonatos, estos últimos en mayor cantidad a mayor pH. A pH inferior coexistirán HCO_3^- y H_2CO_3 , y a pH inferior a 4 ya únicamente encontraremos ácido carbónico.

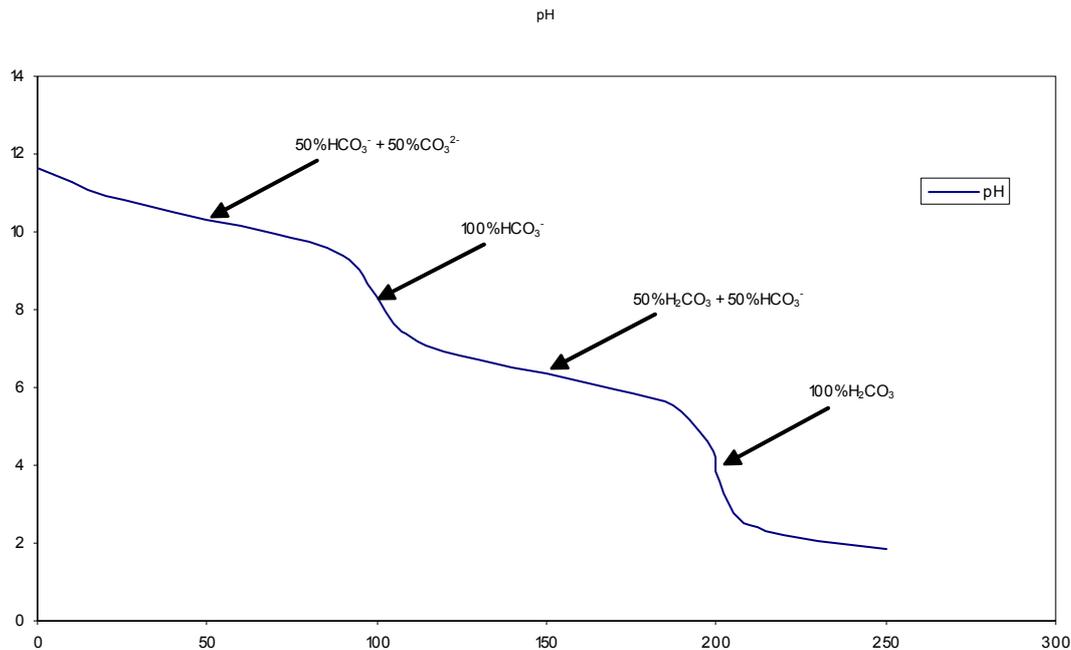


Gráfico: Valoración de 100 ml de una solución de CO_3^{2-} 0,1M con HCl 0,1M

La gráfica muestra los puntos de inflexión correspondientes a la equimolaridad de dos especies y a la existencia de una sola especie, en la valoración de una solución de carbonato con un ácido. Es posible calcular el pH al que corresponde cada uno de estos puntos, aunque puede variar ligeramente según la combinación y concentración de iones en el agua empleada para la nebulización.

Podemos fijar como objetivo conseguir una disolución equimolar de bicarbonato y ácido carbónico. Este punto nos ofrece la ventaja de que es el que presenta una menor pendiente en la curva de neutralización y por tanto mayor capacidad tamponadora, tanto frente a bases como frente a ácidos.

Calcularemos el pH de esta disolución equimolar bicarbonato-ácido carbónico, a partir de la constante de disociación que ya conocemos:

$$\frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 4,4 \times 10^{-7}$$

Si $[\text{H}_2\text{CO}_3] = [\text{HCO}_3^-]$, entonces $[\text{H}^+] = 4,4 \times 10^{-7}$, y, por tanto,

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = -\log (4,4 \times 10^{-7}) = 6,35$$

Ahora ya sabemos que esta solución tendrá un pH en torno a 6,35. Es por otra parte un pH adecuado para su uso como riego, aspersión o nebulización y no interfiere con los materiales o vegetales comunmente empleados. La gestión de la inyección de ácido para obtener esta solución puede hacerse, pues, de dos modos: proporcionalmente o según consigna de pH.

Si conocemos mediante análisis la concentración de carbonatos y bicarbonatos en el agua, podemos tratar este agua con un número de miliequivalentes/litro de ácido. En tal caso, la inyección en línea de un ácido de manera proporcional al caudal solucionará el problema. Éste es un sistema seguro para la neutralización de los carbonatos, aunque precisa de un método analítico, de una regularidad en la calidad del agua a utilizar y en una sistemática que nos asegure que el ácido empleado es siempre de la misma concentración.

El siguiente ejemplo ilustra los cálculos que nos permiten calcular la dosificación proporcional del ácido: Imaginemos que queremos neutralizar los carbonatos presentes en un agua con 3 mmol/l de HCO_3^- y 0,5 mmol/l de CO_3^{2-} mediante la adición de HNO_3 con una riqueza de 60%. El caudal máximo a tratar en la nebulización es de 2000 L/h.

Nuestro objetivo es neutralizar la totalidad de CO_3^{2-} y posteriormente neutralizar la mitad del HCO_3^- para llegar a una solución equimolar $\text{H}_2\text{CO}_3 - \text{HCO}_3^-$. Necesitaremos, pues, llevar la totalidad de carbonatos a bicarbonatos (0,5 mmol/l), y neutralizar la mitad de bicarbonatos resultantes:

$$\frac{3 \text{ mmol/l iniciales} + 0,5 \text{ mmol/l procedentes de carbonato}}{2} = 1,75 \text{ mmol/l.}$$

En total, necesitaremos:

$$1,75 + 0,5 = 2,25 \text{ mmol/l. ácido}$$

Primeramente calculamos la concentración normal del ácido comercial:

$$\frac{1 \text{ mol HNO}_3}{63 \text{ g HNO}_3} \times \frac{600 \text{ g HNO}_3}{1 \text{ l. ácido comercial}} = 9,52 \text{ mol/l} = 9,52 \text{ mmol/ml}$$

Ahora ya podemos directamente aplicar el ácido en proporción de los miliequivalentes de carbonato presentes en el agua:

$$\frac{2,25 \text{ mmol ácido}}{1 \text{ l. agua}} \times \frac{1 \text{ ml ácido comercial}}{9,52 \text{ mmol. HNO}_3} = 0,24 \text{ ml ácido com./l agua}$$

... lo que equivale a una dilución del 0,24 por mil.

Si sabemos, en este caso, que el caudal máximo de agua a nebulizar será de 2000 L/h, podemos concluir que el sistema de inyección deberá ser capaz de inyectar 0,48 L/h de ácido comercial.

En general, pues, alcanzar la equimolaridad exige aplicar una cantidad de miliequivalentes de ácido tal que cumpla:

$$\text{meq/l ácido aportado} = 1,5 [\text{CO}_3^{2-}] + 0,5 [\text{HCO}_3^-]$$

... donde $[\text{CO}_3^{2-}]$ y $[\text{HCO}_3^-]$ son las concentraciones iniciales de carbonato y bicarbonato, expresadas en mmol/l.

Una manera muy popular de actuar, sin embargo, es mediante la inyección de un ácido conforme a una consigna de pH. El pH es una variable relacionada con la concentración de hidrogeniones en el agua y según la fórmula anteriormente indicada sabemos que a medida que adicionamos un ácido no sólo estamos desplazando el equilibrio hacia la derecha y reduciendo la presencia de bicarbonato, sino que también estamos introduciendo hidrogeniones y bajando pH.

Este sistema tiene el inconveniente de que, al basarse en una reacción y tanteo de un controlador, precisa de un tiempo para su estabilización, y en muchas ocasiones la nebulización se debe programar en periodos de tiempo extremadamente cortos lo que en la práctica se traduce en que el pH consignado sólo es alcanzado en una fracción del tiempo de tratamiento, pudiéndose observar al inicio del mismo una oscilación del valor pH en torno al consignado. Si es posible, puede convenir limitar el caudal de inyección del sistema al máximo necesario en el momento de máximo caudal. Así puede verse acortado el período de estabilización de la lectura y reducido el riesgo de sobretratamiento en los momentos iniciales o los de descenso de caudal. También conviene automatizar el funcionamiento del sistema de tal modo que si no se detecta caudal o el sistema de bombeo no funciona no se active.

Si el agua a utilizar se almacena previamente en un depósito con un sistema de homogeneización (agitado o recirculado de la solución) y conocemos el valor pH, el uso de una dosificadora funcionando según un relé on/off conforme a una consigna de pH puede ser igualmente válido. La ventaja en este caso es que no se va a trabajar con una curva de aproximación y por tanto no corremos el riesgo de excesos o infraneutralización en los momentos iniciales en los que el sistema no está estabilizado.

Así pues, un sistema adecuado para el tratamiento de las nebulizaciones previniendo la formación de precipitados es el tratamiento del agua a nebulizar dosificando ácido en cantidad tal que lleguemos a tener la misma cantidad de bicarbonatos que de ácido carbónico. Un control exacto de esta dosificación puede hacerse mediante la dosificación proporcional de un ácido en línea, si conocemos la concentración de bicarbonatos y carbonatos, pero estamos obligados a realizar cálculos y a conocer igualmente la concentración del ácido a emplear. Trabajar según consigna de pH no precisa de cálculos para la gestión, aunque es conveniente realizarlos para dimensionar correctamente la dosificadora. Además, puede ocasionar una oscilación de lecturas especialmente en los inicios de la dosificación y en los cambios de caudal de agua a tratar durante la misma.

Cabe destacar que cuando esta neutralización se hace en un depósito abierto, el anhídrido carbónico al ser un gas suele pasar a la atmósfera (tanto más cuanto más alta sea la temperatura y más prolongado el período de aireación) y deja de influir en la solución, pero cuando la neutralización se hace en un

espacio cerrado (como puede ser una tubería) el CO₂ queda disuelto en el agua y podría volver a la escena si añadiéramos abonos o materiales de reacción básica, aunque esto no es frecuente en sistemas de nebulización, donde lo que se persigue es aumentar la humedad ambiental.

La elección del sistema más adecuado (proporcional o consigna, y en línea o en depósito) dependerá de las condiciones particulares de cada instalación, por lo que deberá valorarse los tiempos y frecuencias de aplicación, caudales (y su rango o diferencia entre el máximo y el mínimo a tratar) y la capacidad de medirlos (puede ser importante en el caso de compartir sistema de nebulización con riego), variabilidad de composición de las aguas y los ácidos, y tolerancia de los cultivos.

Otro aspecto a tener en cuenta es que, debido al peligro en el manejo de los ácidos, resulta conveniente emplearlo en su concentración comercial, con lo que podemos reducir notablemente su manipulación. En tal caso no es necesaria la utilización de bombas dosificadoras de elevado caudal, siendo de gran utilidad las bombas electromagnéticas.

ITC dispone de la serie DOSITEC de bombas dosificadoras electromagnéticas de bajo caudal, con caudales de 0 a 2 L/h y de 0 a 10 L/h y presión de inyección 10 bar. Éstas pueden actuarse de diversos modos para este propósito:

- 1) Caudal fijo (DOSITEC-M), lo que sería apropiado para la dosificación proporcional de un caudal de nebulización igualmente fijo, automatizando el paro/marcha con el funcionamiento del bombeo, obertura de una válvula y/o detector de caudal.
- 2) Proporcionalmente (DOSITEC-P) a una señal procedente de un contador de impulsos o a una señal procedente de un caudalímetro de alta frecuencia.
- 3) Analógicamente. DOSITEC-A es una dosificadora electromagnética de bajo caudal que nos permite dosificar en función de una señal analógica 4-20 mA.

Esta señal puede proceder de un controlador, como p.e. COMPACT-V, que nos permite la dosificación proporcional (de acuerdo con un caudalímetro de alta frecuencia) o bien la obtención de un pH según consigna mediante aproximación (siendo necesaria en este caso una sonda pH conectada al controlador)

- 4) Consigna de pH según un relé on/off. DOSITEC-PH permite la inyección de ácido en un circuito cerrado hasta la obtención de un pH determinado en la solución. Tendrá que tenerse en cuenta el correcto dimensionado del depósito previo para evitar un infratratamiento si hay periodos largos de consumo elevado.

Aunque los sistemas de dosificación presentan un nivel de seguridad elevado, hay que tener en cuenta que cuando se está tratando directamente con ácidos

comerciales (o con elevados caudales, si éstos son diluidos), la descarga o inyección accidental o incluso programada incorrectamente por el usuario puede ocasionar daños económicos importantes, teniendo en cuenta los bajos caudales a los que suele trabajar la nebulización y que suele aplicarse sobre plantas muy jóvenes, extremadamente sensibles a un exceso en la dosificación. Para ello deberá prevenirse la descarga accidental por un sifón o el funcionamiento de la inyección o incluso del riego si se detecta un exceso de ácido en la tubería.

Una posibilidad es la instalación de un LECTOR ®, que convenientemente conectado a un sistema de relés, pueda detener inyección y/o riego si detecta un pH anormalmente bajo o que la inyección en base a una consigna pH se realiza sin que exista caudal de agua. LECTOR ® nos ofrece una visualización constante del Caudal instantáneo de riego, la conductividad y el pH de la solución. Permite establecer alarmas máxima y mínima de cada una de las variables. La lectura se realiza mediante la conexión al mismo de las sondas de pH, Conductividad y Caudalímetro.

Como puede apreciarse, el tratamiento del agua para riego o para nebulización mejora su eficiencia como factor de producción en el vivero. Sin embargo, la variedad de posibilidades en cultivo hace necesaria la incorporación de sistemas seguros, capaces y ampliables, desarrollados y instalados por profesionales en el campo del riego y el tratamiento de aguas.

ITC, S.L.

C/ Mar Adriàtic, 4
Pol. Ind. Torre del Rector
Apdo. de Correos 60
08130 Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona)
Tel. 93 544 30 40
Fax. 93 544 31 61
e-mail: itc@itc.es
Web: www.itc.es