

[FERTIRRIGACIÓN]

Influencia del pH en los sistemas de cultivo

José M. Durán Altisent

Norma Retamal Parra

Rubén Moratiel Yugueros

Departamento de Producción

Vegetal: Fitotecnia

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

Es bien conocido que la elección de un cultivo depende del pH de suelo. Si el pH del suelo/sustrato es inadecuado, la cosecha puede disminuir hasta tal punto que no sea interesante mantener el cultivo. Además, hay que tener en cuenta que existen aguas cuyo contenido en carbonato o bicarbonato puede ser muy elevado (aguas alcalinas); su empleo, bajo determinadas formas de riego (aspersión), puede acarrear problemas importantes si previamente no han sido correctamente aciduladas. De lo anteriormente expuesto se desprende la importancia que tiene conocer el pH del suelo/sustrato, el pH del agua de riego o el pH de la disolución nutritiva que utilizamos en fertirrigación.



Concepto y definición de pH

El concepto de pH puede ser explicado de varias formas. Quizás, la más sencilla e intuitiva es la que relaciona la sensación de acidez o alcalinidad de una sustancia con su pH. Para ello utilizamos el sentido del gusto; pero es evidente que no podemos emplear el sentido del gusto para conocer el pH de cualquier sustancia (amoníaco y lejía, por ejemplo); de ahí la necesidad de disponer de elementos que nos ayuden para tal fin, como han sido los indicadores de pH (fenoftaleína), las tiras de papel impregnadas de determinados colorantes (tornasol) y los electrodos combinados o sondas de pH.

Desde el punto de vista químico y matemático, el pH de una disolución se define como “el logaritmo decimal del valor inverso de la concentración de iones hidrógeno (H^+) que tiene dicha disolución”. Lo que acabamos de exponer viene representado por la ecuación [1]:

$$pH = \log_{10} \frac{1}{[H^+]} = -\log_{10}[H^+] \quad [1]$$

Es evidente que, para alguien que tuviera que medir diariamente el pH de una disolución nutritiva para ferti-

rrigación, la ecuación [1] resulta poco adecuada para sus fines; de ahí la necesidad de disponer de equipos (sondas) que nos indiquen de forma directa la concentración de iones H^+ que presenta una disolución, sin necesidad de tener que hacer cálculos; es decir, que nos indiquen directamente el pH de la disolución.

Acidificación y alcalinización

En términos de fertirrigación, una disolución nutritiva o un sustrato (suelo, perlita, turba y fibra de coco, entre otros) son medios de cultivo que, se consideran ácidos cuando presentan un pH medido bajo determinadas condiciones estándar inferior a 5.0. En el momento que las raíces de un cultivo absorben la disolución nutritiva que las rodea (rizosfera), éstas liberan iones H^+ , con el fin de mantener el balance eléctrico neutro, en el entorno radical donde el fenómeno ocurre. Cuando esto sucede, la concentración de iones H^+ aumenta y el pH del medio disminuye; en definitiva, el medio que rodea las raíces se acidifica.

La alcalinización es otro fenómeno que también sucede. Se produce alcalinización cuando una disolución nutritiva o un sustrato presentan un pH

superior a 7.0. Al igual que en el caso anterior, está relacionado con la interacción que tiene lugar en el entorno radical de un cultivo por el hecho de utilizar fertilizantes o disoluciones nutritivas cuyo pH sea superior a 7.0.

pH de los fertilizantes disueltos en agua

Algunos fertilizantes utilizados en fertirrigación (MAP, MKP, ácido fosfórico, ácido nítrico y sulfato amónico) tienden a acidificar el agua de riego; otros (nitrato potásico, nitrato cálcico, nitrato magnésico y sulfato potásico), por el contrario, tienden a alcalinizarla; de ahí la necesidad de conocer la reacción de los fertilizantes y sus mezclas una vez disueltos en el agua de riego para evitar pérdidas de cosecha (en cantidad o calidad) y pérdida de nutrientes debido a la formación de precipitados: Pérdida de calcio (Ca) y magnesio (Mg) como carbonato cálcico o magnésico; de azufre (S) como sulfato cálcico; de fósforo (P) como fosfato cálcico y de hierro (Fe) como sulfato de hierro.

Desde el punto de práctico, y por lo que al pH se refiere, las disoluciones nutritivas para fertirrigación pueden clasificarse en tres categorías:

Categoría	pH Disolución nutritiva
Óptima	5.5 < pH ≤ 6.5
Subóptimas	6.5 < pH ≤ 7.5
Inadecuadas	pH > 7.5

Fuente: Elaboración propia

Concentración de bicarbonato y ajuste del pH

La concentración de bicarbonato (HCO³⁻) en el medio de cultivo juega un papel fundamental para estabilizar el pH [2] del medio, a partir del cual las raíces extraen los nutrientes; de ahí que, la disolución nutritiva aplicada al sustrato debería contener un mínimo de 40 a 100 partes por millón (mg·l⁻¹) de bicarbonato para lograr dicho efecto.

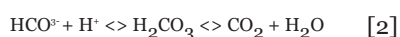


Foto 1. pHmetro portátil Hanna HI99121 para medir pH directamente en suelos y sustratos

La absorción óptima de nutrientes por la mayor parte de las plantas cultivadas se produce cuando el pH del medio de cultivo se halla comprendido entre 5.0 y 6.5

Teniendo en cuenta que un equivalente químico (peso del ión / valencia) de bicarbonato son 61 mg, la expresada cantidad de 40 – 100 mg·l⁻¹ equivale a 0.66 – 1.64 miliequivalentes químicos por litro. Por lo tanto, a la hora de formular una disolución nutritiva se recomienda mantener una concentración de bicarbonato comprendida entre 1.0 y 1.5 mM en el agua de riego. El bicarbonato sobrante debe ser eliminado mediante la adición de ácido fosfórico, nítrico o sulfúrico.

Con el fin de reducir el impacto ambiental de la fertirrigación y atendiendo a la legislación vigente, cada vez es más frecuente el empleo de disoluciones nutritivas recirculantes. En este caso, los drenajes que retornan del cultivo podrían llegar a contener una concentración elevada de CO₂; de ahí que su contenido en bicarbonato debería ser neutralizado de forma similar a lo explicado en el párrafo anterior. Tras la neutralización, los drenajes deberían ser aireados y almacenados en un tanque para su posterior utilización.

La presencia de algas en una red de riego (estanque / balsa, tuberías de distribución y de retorno) puede dar lugar a la asimilación de CO₂. Como resultado de ello, la ecuación [2] se desplaza hacia la derecha y el pH tiende a aumentar. Por lo tanto, la subida de pH en una disolución nutritiva recirculante puede interpretarse como

que las algas están presentes en la disolución nutritiva o en las paredes de la instalación.

En el caso de que la concentración de bicarbonato tenga que ser ajustada en el sentido de aumentar su contenido; es decir, cuando el agua de riego contiene menos de 40 – 100 mg·l⁻¹ (ppm), puede utilizarse bicarbonato potásico (KHCO₃). Dependiendo de la concentración de bicarbonato a alcanzar, entre 10 y 20 kg de bicarbonato potásico por cada tanque de 1.000 l (diluido 100 veces) pueden ser suficientes.

Consideraciones prácticas relacionadas con el control del pH

La absorción óptima de nutrientes por la mayor parte de las plantas cultivadas se produce cuando el pH del medio de cultivo se halla comprendido entre 5.0 y 6.5

Cuando el pH del entorno radical del cultivo es superior a 6.5, se pueden presentar problemas relacionados con la solubilidad de algunos nutrientes y de forma muy particular con algunos micronutrientes (Fe⁺², Mn⁺² y B). Cuando la situación persiste, a lo largo de varias semanas o meses de cultivo, pueden llegar a producir la obturación de los sistemas de riego (goteros). Con un pH inferior a 6.5, la absorción de fósforo se reduce, lo que puede conducir a la aparición de síntomas carenciales. Como consecuencia de un pH inadecuado, las raíces de los cultivos pueden resultar severamente deterioradas antes de que el cultivo muestre síntomas carenciales. A modo de resumen podemos señalar que, tanto si el pH del medio de cultivo es inadecuado, por alto (suelos alcalinos) o por bajo (suelos ácidos), la cantidad y la calidad de las cosechas pueden verse seriamente afectadas.

(Foto 1)

Medida del pH de una disolución acuosa

La medida del pH de una disolución acuosa, ya sea un agua de riego, una disolución nutritiva para fertirrigación o los lixiviados (drenaje) procedentes de un cultivo con recirculación de la disolución nutritiva,

requiere de equipos adecuados, como los que HANNA Instruments ofrece (www.hanna.es) y actuar de acuerdo con las etapas que seguidamente se describen.

A. Calibración del equipo de medida

Para ello es necesario disponer de dos disoluciones de pH conocido, que normalmente habrán sido suministradas con el equipo. En función de que vayamos a trabajar con disoluciones de pH ácido ($\text{pH} < 7.0$) o alcalino ($\text{pH} > 7.0$) utilizaremos las disoluciones de pH 4.0 y 7.0 ó pH 7.0 y 10.0.

Tras verificar que el electrodo ha sido correctamente conservado, está limpio (sin depósitos de sales), se introduce en un volumen de la disolución de pH 7.0 y en función de la temperatura, se ajusta –si no tiene calibración automática– el valor que aparece en el *display* (pantalla) del equipo a un valor próximo a 7.0 que encontraremos en una Tabla adjunta al recipiente (sobre metalizado o botella) que contiene la disolución *buffer*

(tampón) utilizada para la calibración. Seguidamente, se enjuaga el electrodo con agua destilada y se seca con cuidado agitando un poco para que escurran las gotas pero sin tocar ni secar el electrodo con ningún tipo de papel ni trapo. A continuación, se toma la disolución de pH 4.0 ó pH 10.0 y se procede de forma similar al ajuste de pH 7.0, girando –si fuera necesario– el tornillo potenciométrico que el equipo lleva a tal efecto. Finalmente, el electrodo se enjuaga con agua destilada y se sumerge de nuevo en la disolución de pH 7.0. El valor medido debe aproximarse al valor de referencia; si no fuera así, la operación de calibración debe ser repetida.

(Fotos 2 y 3)



Foto 2 y 3. Equipo portátil de pH, conductividad y temperatura, HI9811-5 y sobre de calibración.

Conviene señalar que algunas sondas de pH pueden ser calibradas de forma electrónica y reconocen automáticamente las soluciones patrón cuando se ponen en la sonda.

Las disoluciones empleadas para la calibración del electrodo nunca deben ser retornadas al envase de partida; de ahí que HANNA Instruments suministre las disoluciones de pH de referencia en sobres aluminizados de un solo uso.

La sonda de pH, una vez calibrada,

está lista para ser utilizada. En el caso de que tenga que ser almacenada, nunca debe introducirse agua destilada en el capuchón que protege el electrodo. El agua destilada contribuiría a diluir el electrolito (KCl) que normalmente se interpone entre uno de los electrodos y la disolución que debe ser medida. Siempre se debe conservar en “Solución de conservación” indicada especialmente para ello.

B. Toma de la muestra

Nunca se insistirá bastante a la hora de señalar la importancia que tiene tomar correctamente la muestra en la que vamos a medir el pH. La muestra debe ser representativa de la disolución que queremos medir; para ello, las siguientes recomendaciones pueden resultar de interés para algunos usuarios:

- Deje fluir el agua de riego o la disolución nutritiva antes de tomar la muestra.
- No tome la muestra ni del fondo de un depósito ni de la proximidad de sus paredes.
- Antes de tomar la muestra, siempre que se a posible, ponga en marcha el agitador mecánico o el aireador del tanque.
- Utilice recipientes limpios y apropiados en cuanto a forma y volumen para tomar las muestras. La sonda de medida debe quedar correctamente sumergida.
- Identifique o rotule convenientemente los envases donde va a depositar las muestras si no van a ser medidas in situ de forma inmediata.
- En el caso de que la muestra tenga turbidez, fíltrela si fuera posible o elimine los residuos y/o la fracción sobrenadante antes tomar la media.
- Anote la temperatura de la muestra en el momento de tomarla.

C. Lectura del pH

La lectura del pH de una disolución, aunque se suele considerar como una operación rápida y que no ofrece dificultad, la verdad es que normalmente no es así. ¿Cuántas veces hemos constatado que la lectura que obtenemos es inestable, hasta tal punto que no sabemos con qué valor quedarnos?. Con frecuencia, la inestabilidad de una lectura se debe a que el electrodo

A tener en cuenta

Una buena práctica de medida consiste en realizar un mínimo de dos medidas y tomar la media de ambas cuando las diferencias observadas sean compatibles. En el caso de que la diferencia de lecturas supere el tres por ciento de su valor medio, la medida debe repetirse. Puesto que el pH depende de la temperatura a la que se encuentra la disolución, junto con la lectura de pH que nos indica el *display* (pantalla) del pH-metro es necesario suministrar la temperatura de la disolución en el momento de efectuar la lectura. Por convenio, el valor del pH –si no se indica lo contrario– debe referirse a 25 °C; de ahí que, para dar una lectura correcta del pH sea necesario realizar una conversión final. Los pHmetros recomendados de Hanna compensan automáticamente la temperatura, con la función ATC por lo que no hay que tener esta precaución.

ha envejecido, ya sea por mal estado de conservación o por que su vida media ha llegado a término. Algunos equipos están preparados de tal modo que, únicamente muestran el valor de pH cuando la medida es estable; es decir, cuando no varía significativamente dentro de un intervalo de tiempo previamente establecido.

La vida media de algunos electrodos, especialmente cuando trabajan permanentemente sumergidos en una disolución acuosa, puede ser inferior a un año; de ahí la necesidad de: a, mantener rellenos los compartimentos que contienen electrolitos; b, calibrar con frecuencia el pH-metro y c, sustituirlo cuando haya perdido sensibilidad.

Con el fin de obtener medidas repetitivas, durante la medida conviene mantener la disolución en agitación



suave permanente. Para ello, si no se dispone de un recipiente adecuado y un agitador magnético –instrumentos propios de un laboratorio– se puede agitar suavemente con la mano, moviendo el recipiente donde se encuentra la disolución, nunca haciendo girar la sonda como si de una cucharilla se tratara.

Durante la lectura, la sonda debe permanecer correctamente sumergi-

da, de tal forma que, el puente salino por el que se establece la conexión electro-química se halle permanentemente en contacto con la disolución cuyo pH queremos medir. Tratándose de electrodos no estancos, el nivel de la disolución nunca debe superar el límite a partir del cual podrían deteriorarse los dispositivos electrónicos de medida.

Al cambiar de disolución, es conveniente lavar el electrodo con agua destilada –si fuera posible–, y dejar escurrir tratando de eliminar el agua sobrante. A continuación, se debe sumergir y retirar de la nueva disolución varias veces antes de realizar la medida. •

Como consecuencia de un pH inadecuado, las raíces de los cultivos pueden resultar severamente deterioradas antes de que el cultivo muestre síntomas carenciales

HANNA Instruments, especialistas en instrumentos de ANÁLISIS DE AGRICULTURA

www.hanna.es



pH
Conductividad
Potencial Redox (ORP)
Dosificación
Humedad relativa

Temperatura
Oxígeno disuelto
Análisis de nutrientes NPK
Análisis de la Iluminación
Refractometría digital °Brix

**SOLICITE NUESTRO
 CATÁLOGO DE
 AGRICULTURA**



HI 83225



Próximas citas:



Más información en: info@hanna.es

www.hanna.es

Visitenos en ENOMAQ,
 Pabellón 2 , Stand G 24 -26