



Fertilizantes y disoluciones nutritivas en la fertirrigación múltiple

En este artículo se analizan las principales características de los abonos líquidos y sólidos solubles normalmente usados en fertirrigación, las posibles mezclas entre los distintos compuestos, así como las características que deberían tener en cuenta la elección del fertilizante más adecuado.

■ **Luís Rincón Sánchez.**

IMIDA (Murcia).

Los criterios de utilización de los fertilizantes en fertirrigación deben plantearse teniendo en cuenta los siguientes aspectos: economizar al máximo el consumo sin reducción de la producción, reducir los gastos de cultivo, mejorar la calidad de las producciones, minimizar la contaminación de suelos y aguas subterráneas.

Los fertilizantes para utilizar en fertirrigación pueden ser sólidos y líquidos. La mayoría de ellos son abonos sólidos complejos, es decir, cuya formulación se ha obtenido por reacciones químicas. Se diferencian de los abonos compuestos en que éstos se forman a partir de mezclas de abonos simples y dobles. Los abonos sólidos básicos de los nutrientes principales usados en fertirrigación se resumen en el **cuadro I**.

Las dos características más importantes que deben reunir los fertilizantes sólidos para ser utilizados en fertirrigación son: que sean altamente solubles, es decir, que el residuo seco a 15°C sea menor del 0,5%, y que contengan altas concentraciones en elementos nutrientes.

Además de los fertilizantes incluidos en el **cuadro I**, otras sales fertilizantes también son comercializadas para su utilización en fertirrigación.

Fertilizantes líquidos

Los fertilizantes líquidos son generalmente abonos compuestos triples (NPK) que se utilizan en la concentración de fabricación para su inyección directa sin dilución previa. Existen numerosas fórmulas triples (NPK), dobles (NMg, NCa) y simples (N, P, K).

De los fertilizantes líquidos, el ácido fosfórico (H_3PO_4) es el más utilizado en sistemas de fertirrigación debido a sus propiedades. Se comercializa como disolución del ácido fosfórico con una riqueza del 72-75% en ácido ($d = 1,67 \text{ gr/cm}^3$) y una riqueza del 52% de P_2O_5 . El peso molecular del H_3PO_4 es de 98 y el peso equivalente correspondiente a una ionización $H_3PO_4 \leftrightarrow H_2PO_4^- + H^+$ es de 98, deduciéndose que 1 miliequivalente de ácido fosfórico del 75% en volumen es de 0,081 ml. Es recomendable no mezclarlo con otros fertilizantes e inyectarlo a concentración comercial.

El ácido nítrico

Aunque el ácido nítrico (HNO_3) no está considerado como un fertilizante, su importancia en la fertirrigación se debe a sus propiedades. Se utiliza principalmente para controlar el pH de la disolución de riego y eliminar los precipitados de carbonatos de calcio y magnesio en tuberías y goteros. Comercialmente, es una disolución acuosa del 60% en ácido ($d = 1,36 \text{ g/cm}^3$) con una riqueza del 12,6% de N. El peso molecular del HNO_3 es de 63 y el peso equivalente de 63, deduciéndose que 1 miliequivalente de ácido nítrico del 60% en volumen es de 0,08 ml. Cuando se aporta durante todo el ciclo de cultivo, el N incorporado debe ser tenido en cuenta en el balance del abonado nitrogenado. Debe inyectarse independientemente a los fertilizantes.

El ácido fosfórico y el ácido nítrico deben ser almacenados en tanques especiales situados dentro o fuera de la nave donde se ubica el cabezal de riego, con los sistemas de seguridad (cerramientos) necesarios para que no pueda ser manipulado por personas ajenas al responsable del riego.

Fertilizantes de microelementos

Se denominan microelementos, micronutrientes u oligoelementos aquellos elementos nutritivos que, siendo esenciales para las plantas, son consumidos en pequeñas cantidades. Son el Fe, Mn, B, Zn, Cu y Mo.

Su aplicación en fertirrigación debe ser práctica habitual, ya que las raíces de las plantas están confinadas a los volúmenes de suelo humedecidos por los goteros, en donde el agotamiento de nutrientes es muy rápido. En muchos casos, el deficiente uso de microelementos en las disoluciones nutritivas es causa de problemas nutricionales en las plantas y responsables de descensos en la producción.

Los fertilizantes de microelementos pueden ser de origen inorgánico, de origen orgánico y complejados. En todos los casos, los fertilizantes sólidos de microelementos deben ser altamente solubles, dependiendo la concentración del fertilizante del tipo de abono. El **cuadro II** presenta las sales fertilizantes y ácidos inorgánicos de microelementos y sus características.

El problema que presenta la utilización de los fertilizantes de microelementos es su precipitación cuando se mezclan con otros fertilizantes de macroelementos o bien con el suelo, debido fundamentalmente a la estabilidad del ión en la disolución según el valor del pH. Para que el ión sea estable en la disolución, debe evitarse su mezcla con otros abonos de macroelementos, generalmente P y Ca, y con otros microelementos, así como distribuirse la concentración adecuada a lo largo del ciclo de cultivo, utilizando fórmulas apropiadas al pH del medio de cultivo.

Además de las sales inorgánicas, otra fuente de microelementos son los quelatos. Los quelatos son compuestos químicos en los que una molécula orgánica rodea y se enlaza por varios puntos a un ión metálico, de manera que le protege de cualquier acción desde el exterior evitando su hidrólisis y precipitación. Los quelatos son moléculas muy estables que aumentan la absorción de los nutrientes quelatados. La eficacia de un quelato depende de la estabilidad del ión del pH de la disolución, para lo que se dispone de distintas formulaciones de quelatos para rangos de pH distintos. El **cuadro III** muestra los elementos quelatados y sus características.

Otra fuente de abonos de microelementos que se utiliza extensamente en fertirrigación son los microelementos complejados. Los agentes más utilizados son poliflavonoides (elementos complejados Ca, Mg, Fe, Mn, Zn) y aminoácidos (elementos complejados Ca, Mg, Fe, Mn, B, Zn y Cu).

Cuadro I.

Sales fertilizantes de macroelementos (simples y dobles) para fertirrigación y características.

Sal fertilizante	Formula	Riqueza	Reacción	Solubilidad (g/l)	
				15°C	30°C
Nitrato amónico	NH_4NO_3	N - 33,5%	Ácida	2.400	3.440
Sulfato amónico	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	N - 21% S - 24%	Ácida	742	780
Nitrato cálcico	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	N - 15,5% Ca - 17%	Básica	1.130	1.526
Fosfato monopotásico	KPO_4H_2	P_2O_5 - 53% K - 34%	Básica	200	285
Fosfato monoamónico	$\text{NH}_4\text{PO}_4\text{H}_2$	P_2O_5 - 61% N - 11%	Ácida	333	480
Nitrato potásico	KNO_3	K_2O - 46% N - 13%	Neutra	257	460
Sulfato de potasio	K_2SO_4	K_2O - 50% S - 18%	Ácida	102	130
Nitrato de magnesio	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	N - 11% Mg - 9,5%	Neutra	400	600
Sulfato de magnesio	$\text{Mg SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Mg - 10% S - 13%	Ácida	332	409
Ácido fosfórico	H_3PO_4	P_2O_5 - 52%	Muy ácida	Líquido	

Cuadro II.

Fertilizantes inorgánicos de microelementos para fertirrigación.

Sal fertilizante	Fórmula	Riqueza	Pm	Peq	Reacción	Solubilidad (g/l)	
						15°C	30°C
Sulfato de manganeso	$\text{Mn SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Mn - 32% S - 19%	169	84,05	Ácida	610	650
Sulfato de zinc	$\text{Zn SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Zn - 22,7% S - 13%	287,2	143,7	Ácida	509	620
Sulfato de cobre	$\text{Cu SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Cu - 25,4% S - 13%	249,7	124,84	Ácida	193	250
Ácido bórico	H_3BO_3	B - 17,5%	61,8	20,61	Ácida	43	67
Molibdato amónico	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Mo - 5,7%	1235,9	205,99	Ácida		

Fuente: Pellicer (1997).



Tanques de fertilizantes con agitadores.

Cuadro III.

Quelatos utilizados en fertirrigación.

Elementos quelatados: riqueza y observaciones

Fe-EDTA: 6% de Fe. Para medios de cultivo con pH < 6. No mezclar con cantidades altas de Zn, Mn (no quelatos), P y Ca.

Mn-EDTA: 6% de Mn. Para medios de cultivo con pH entre 5,5 y 7,5. No mezclar con cantidades elevadas de Fe y Zn (no quelatos), P y Ca.

Zn-EDTA: 6% de Zn. Para medios de cultivo con pH entre 5,5 y 8,5. No mezclar con cantidades elevadas de Fe y Zn (no quelatos), P y Ca.

Cu-EDTA: 6% de Cu. Para medios de cultivo con pH entre 6 y 7,5. No mezclar con cantidades elevadas de Fe, Mn y Zn (no quelatos), Ca y Mg.

Fe-HEDTA: 6% de Fe. Para medios de cultivo con pH < 6,5. No mezclar con cantidades altas de Mn (no quelato), P y Ca.

Fe-EDDHA: 6% de Fe. Para medios de cultivo con pH > 4. No mezclar con P y cantidades altas de Cu.

Fe-EDDHMA: 6% de Fe. Para medios de cultivo con pH > 4. No mezclar con cantidades altas de Mn (no quelato), P y Ca.

Fe-EDDHsA: 6% de Fe. Para medios de cultivo con pH comprendidos entre 4 y 8,5.

Fuente: Cadahía (1998).

Mezcla de fertilizantes

En el proceso general de la fertirrigación, la mezcla de fertilizantes sólidos en disolución es práctica habitual, permitiendo disminuir el número de tanques de disoluciones madre. Ciertos fertilizantes se pueden mezclar sin ningún tipo de problema, otros deben mezclarse en el mismo instante de su utilización y el resto no se puede mezclar debido a que existe incompatibilidad de ciertos iones a permanecer en solución a una elevada concentración. El conocimiento en cada caso de las posibilidades de mezcla facilita el manejo adecuado de los fertilizantes y evita precipitados que rompen el equilibrio establecido y dan lugar a obstrucciones en la red de riego.

El **cuadro IV** presenta los fertilizantes que pueden o no mezclarse. El ácido fosfórico y el nitrato de calcio son los fertilizantes más problemáticos. Deben incorporarse separadamente. El ácido fosfórico no debe mezclarse con fertilizantes que lleven en su composición Ca, Mg y Fe. Su reacción con el Ca y Mg del agua de riego puede producir precipitados de fosfatos de Ca y de Mg. Las fórmulas sulfato tampoco deben mezclarse con Ca y Mg dando lugar también a precipitados de sulfatos de Ca y Mg. Los abonos líquidos deben utilizarse sin mezclar con otros fertilizantes sólidos, dado que se pueden presentar reacciones que den lugar a precipitados que rompen el equilibrio y el pH de la disolución.

Tanques de fertilizantes con agitación por bomba soplante.



Elección del tipo de fertilizante

Para la elección de las sales fertilizantes se tendrán en cuenta las siguientes características: solubilidad y pureza de la sal, riqueza de los elementos nutrientes, índice de salinidad, contenido de iones tóxicos y coste del fertilizante.

Aunque el factor costo del fertilizante figura en último lugar, tiene una gran importancia económica, de forma que en la elección del fertilizante deben seleccionarse aquéllos que, manteniendo las mismas características, presenten la unidad fertilizante de menor coste.

Disoluciones concentradas de fertilizantes

Las disoluciones concentradas de fertilizantes se forman en depósitos de disoluciones madre, inyectándose con inyectores en la conducción principal de la red de riego, diluyéndose en las tuberías y formando la disolución nutritiva de riego que es aportada por los goteros.

La concentración máxima de las disoluciones concentradas (madre) de fertilizantes simples no ha de sobrepasar el 75% de la solubilidad máxima del abono según la temperatura del agua y del 30% para los nitrogenados. Cuando se trata de disoluciones en las que se mezclan dos o más fertilizantes distintos (de macroelementos), la concentración de la disolución madre a considerar será la del fertilizante de menor solubilidad. Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, en la programación y ejecución de la fertirrigación es recomendable utilizar en las disoluciones madre el intervalo de concentración comprendida entre 0,10 y 0,15 kg/l, no siendo conveniente bajar de 0,10 kg/l para no sobredimensionar los tanques de disoluciones madre. En períodos de temperaturas frías (< 15°C) se utilizarán 0,10 kg/l y cuando la temperatura del agua sea > 20°C se podrán utilizar 0,15 kg/l.

La disolución madre debe estar protegida de los factores ambientales que influyen en su composición, como la luz, la humedad, las altas temperaturas, etc.

Disoluciones nutritivas de riego

La disolución nutritiva de riego es una disolución acuosa que contiene los nutrientes esenciales y necesarios para las plantas en formas iónicas directamente asimilables por las raíces.

Todas las disoluciones nutritivas de riego deben suministrar todos los elementos esenciales cuando el medio de cultivo carece de ellos o no los aporta el agua de riego. En cultivo sobre suelo, el aporte de macroelementos será imprescindible y la de microelementos los que pudieran producir deficiencias. En el caso de la fertirrigación sobre sustratos inertes, la disolución nutritiva de riego estará compuesta por todos los elementos esenciales.

Todas las disoluciones nutritivas suministran siempre tres macronutrientes en forma de cationes: K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} . Otros tres aparecen en forma aniónica: NO_3^- , $PO_4H_2^-$ y SO_4^{2-} .

La concentración de cada fertilizante en la disolución de riego dependerá de las cantidades de fertilizantes incorporadas al agua de riego. Viene dada por la expresión:

$$c_i = \frac{T_i \cdot S \cdot 1000}{Q \cdot t_a}$$

en la que c_i es la concentración de cada fertilizante o mezcla de fertilizante en la disolución nutritiva de riego en g/l; T_i la cantidad de fertilizante a aportar en kg/ha; S la superficie de riego en ha; Q el caudal con-

Cuadro IV.

Mezclas de fertilizantes.

N: no se pueden mezclar.	Nitrato amónico	Sulfato amónico	Nitrato cálcico	Nitrato potásico	Nitrato de magnesio	Fósforo monoamónico	Fósforo monopotásico	Ácido fosfórico	Ácido nítrico	Sulfato potásico	Sulfato de magnesio	Líquidos NPK	Quelatos de Fe Zn Cu Mn	Sulfatos de Fe Zn Cu Mn
S: si se pueden mezclar														
X: se pueden mezclar en el momento de su empleo														
Nitrato amónico	-	S	N	S	S	X	S	N	N	S	S	N	S	S
Sulfato amónico	S	-	N	S	S	S	S	N	N	S	S	N	N	N
Nitrato cálcico	N	N	-	N	S	N	N	N	N	X	N	N	N	N
Nitrato potásico	S	S	N	-	S	S	S	N	N	S	S	S	S	S
Nitrato de magnesio	S	S	N	S	-	S	S	N	N	N	S	S	S	S
Fósforo monoamónico	N	S	N	S	S	-	S	N	N	S	S	N	N	N
Fósforo monopotásico	S	S	S	S	S	N	-	N	N	S	S	N	N	N
Ácido fosfórico	N	N	N	N	N	N	N	-	N	N	N	N	N	N
Ácido nítrico	N	N	N	N	N	N	N	N	-	N	N	N	N	N
Sulfato potásico	S	S	N	S	S	S	S	N	N	-	S	N	N	N
Sulfato de magnesio	S	S	N	S	S	S	X	N	N	X	-	N	N	S
N-P-K líquidos	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	-	N	N
Sulfatos de Fe, Zn Cu y Mn	S	N	X	S	S	N	N	N	N	S	S	N	-	X
Quelatos de Fe, Zn, Cu, Mn	S	N	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	-

En las regiones donde las aguas están generalmente cargadas de iones bicarbonato dan una reacción fuertemente alcalina, lo que implica la necesidad de utilizar ácidos al preparar la disolución nutritiva

tinuo de riego en l/h; y t_a el tiempo de abonado en horas.

El pH de la disolución nutritiva será función del pH del agua de riego. La calidad del agua, a su vez, depende del sustrato geológico y de las condiciones climáticas. En las regiones donde las aguas están generalmente cargadas de iones bicarbonato dan una reacción fuertemente alcalina, lo que implica la necesidad de utilizar ácidos al preparar la disolución nutritiva. La cantidad de ácido a adicionar dependerá de la naturaleza del agua de riego y del ácido que se utilice.

Es necesario, por tanto, disponer de un análisis completo del agua en el que figure la concentración de iones solubles, siendo conveniente realizar una curva de variación del pH del agua con la adición del ácido elegido.

La disminución del pH de la disolución nutritiva de riego en cultivos sobre suelo no es necesaria en términos generales, sobre todo en suelos con elevado efecto tampón. Sin embargo, sí es conveniente bajar el pH del agua en la última fase del riego, con el fin de dejar el agua residual de la red de riego una vez parada la instalación en medio ácido (pH = 5,5-6) y de esta forma evitar precipitados de carbonatos y otras sales que pudieran obstruir goteros y otros componentes de la instalación.

El ácido utilizado generalmente es el nítrico, empleándose concentrado o diluido. En caso de utilizar ácido nítrico durante todo el proceso del riego, se debe tener presente la cantidad de N aportado, que en algunos casos puede alcanzar hasta el 50% de las necesidades totales del cultivo. ■



Checchi & Magli

RIO 31

UTILITY AUTOPROPULSADA
ORUGA, POLIVALENTE
ACCIONAMIENTO HYDROSTATICO



RIO 31 + DUAL 12 GOLD/4



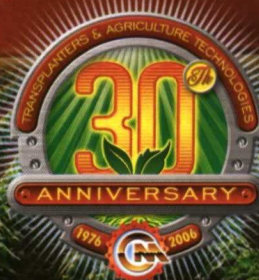
RIO 31 + WOLF COMPACT/4



RIO 31 + GOLD/6
LECHUGA BABY



RIO 31 +
WOLF COMPACT/4



SOLICITEN NUESTRO CATALOGO:
ACOLCHADORAS
TRASPLANTADORAS TAMBIEN COMBINADAS
ENTABLONADORAS
TRASPLANTADORAS DE PATATAS • APORCADORES
ARRANCADORAS DE PATATAS

Via Guizzardi, 38 40054 BUDRIO BOLOGNA ITALIA

Tel. 051.80.02.53 Fax 051.69.20.611

www.checchiemagli.com