

## FERTILIZANTES EN SOLUCIÓN PARA FERTIRRIEGO



**Figura 1. Fertirriego mediante pivote central.**

La fertirrigación o fertigación, es una técnica de manejo nutrimental de los cultivos en la cual los fertilizantes son aplicados en el agua de riego, permitiendo el control de la dosis, concentración y relación de fertilizantes. Los sistemas de riego más comunes en fertirriego son: pivote central (Figura 1), goteo, aspersión y micro-aspersión. Este sistema de producción es ampliamente utilizado en países como: Estados Unidos, Israel, Holanda, Italia y España.

Independientemente del sistema de riego utilizado, en fertirrigación los nutrimentos siempre se aplican diluidos en el agua, favoreciendo así, la absorción de estos por la raíz. En este sentido, el conocimiento del comportamiento de los nutrimentos en el sustrato con relación a su movilidad y requerimientos del cultivo durante su ciclo productivo, son factores esenciales para un manejo óptimo de los fertilizantes. El principio básico de la fertirrigación es mantener equilibradas las relaciones iónicas en el sistema acuoso, es decir, un balance catiónico/aniónico ideal para el desarrollo del cultivo.

En el transporte de los nutrimentos del medio acuoso del sustrato hacia la raíz de las plantas es complejo e incluye dos vías: absorción pasiva, determinada exclusivamente por un gradiente de potencial hídrico generado por la transpiración de la planta; y la absorción activa, donde los nutrimentos



están expuestos a sinergismos y antagonismos, que favorecen o impiden la absorción de algunos de ellos, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Sinergismos y antagonismos nutrimentales (Modificada de Burt *et al.*, 1998).

Nutrimento	Sinergismo	Antagonismo
	Aumenta la absorción de:	Disminuye la absorción de:
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> , Mn, Cl	Mg, Ca, K, Mo
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca, Mg, K, Mo	Fe, Zn
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Mo	Cu, Zn
K	Mn (Suelos ácidos)	Ca, Mg
Ca	Mn (Suelos alcalinos)	
Mg		Ca, K
Fe		Cu, Zn
Zn		Cu
Cu		Zn, Mo
Mn		Zn, Ca, Mo

Al momento de preparar la solución nutritiva hay que considerar varios factores, uno de ellos y quizá el más importante, es la solubilidad de los fertilizantes. Los fertilizantes para fertirriego deben presentar una alta solubilidad y concentración nutrimental. A su vez, la solubilidad de los fertilizantes está determinada por tres factores principalmente: temperatura, presión y pH. El manejo adecuado de estos factores, produce una alta eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes presentes en los fertilizantes aplicados. Los fertilizantes líquidos son simples o compuestos, pero debido a su solubilidad, la concentración del elemento es menor (Cuadro 5), por lo que los hace poco comunes en el fertirriego.

Algunos fertilizantes al ser solubilizados en agua disminuyen la temperatura, lo que impide que otros fertilizantes no se disuelvan en la solución. Por lo tanto, es conveniente esperar a que la temperatura de la solución se reestablezca para adicionar los fertilizantes subsecuentes o bien, si ya se tiene identificado cuales son estos, adicionarlos al final si lo permite su solubilidad. La temperatura del agua para preparar las soluciones nutritivas influye en la solubilidad de los fertilizantes tal que; a mayor temperatura, mayor solubilidad de éstos (Cuadro 2).



Cuadro 2. Solubilidad de algunos fertilizantes a diferentes temperaturas.

Fertilizante/ Temperatura (°C)	Solubilidad (g/l)				
	5	10	20	25	30
Nitrato de amonio	1183	1510	1920	-	-
Nitrato de calcio	1020	1130	1290	-	-
Urea	780	850	1060	1200	-
Sulfato de amonio	710	730	750	-	-
Nitrato de magnesio	680	690	710	720	-
Fosfato monoamónico	250	295	374	410	464
Cloruro de potasio	229	238	255	264	275
Nitrato de potasio	133	170	209	316	370
Fosfato monopotásico	110	180	230	250	300
Sulfato de potasio	80	90	111	120	-

Asimismo, los fertilizantes al ser solubilizados pueden producir salinidad, que es la relación del aumento de la presión osmótica de la solución del suelo, la cual evita que la solución sea absorbida por las plantas, al dañar su sistema radical por efecto de las sales. Por otro lado, los fertilizantes también generan acidez en la solución, y cada uno de ellos presenta un índice de acidez diferente, el cual, sino se conoce, pueden modificar el pH de la solución y afectar directamente los procesos de desarrollo de la planta (Cuadro 3). Por lo tanto, a mayor salinidad o acidez; menor rendimiento o pérdida total del cultivo.

Otro factor que es indispensable comprender al momento de preparar las soluciones nutritivas es la compatibilidad de los fertilizantes. Los fertilizantes al momento de solubilizarse en el agua, liberan iones que actúan en la solución, los cuales pueden permanecer solubles o precipitarse, al formar compuestos insolubles. Este hecho, puede limitar la disponibilidad de ciertos nutrientes, ya que pasan a una forma no asimilable para las raíces de las plantas, y con un riesgo potencial de tapar los emisores, disminuyendo así, la eficiencia de los fertilizantes para nutrir el cultivo.

Cuadro 3. Características de algunos fertilizantes utilizados en fertirriego (Modificado de Burt *et al.*, 1998).

Fertilizante	Nutrimiento (%)	Solubilidad 20°C	Reacción en la solución
Sulfato de amonio	N (21)	Media	Ácida
Urea	N (46)	Alta	Ácida
Nitrato de amonio	N (33)	Alta	Mod. ácida
Fosfato monoamónico	N (12); P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ((61)	Media	Mod. ácida
Cloruro de potasio	K <sub>2</sub> O (60)	Media	Neutra
Sulfato de potasio	K <sub>2</sub> O (50)	Mod. baja	Neutra
Nitrato de potasio	N (13.5) y K <sub>2</sub> O (44)	Media	Alcalina
Nitrato de calcio	N (15.5) y CaO (26)	Alta	Alcalina

Las interacciones iónicas más comunes en la preparación de soluciones nutritivas son las existentes entre las formas solubles de fósforo (Fosfato monoamónico, fosfato monopotásico, ácido fosfórico, etc.) y calcio (Nitrato de calcio, cloruro de calcio), las cuales originan incompatibilidad de fertilizantes (Cuadro 4) al generar productos poco solubles como yeso (Sulfato de calcio, CaSO<sub>4</sub>) y fosfato de calcio (CaHPO<sub>4</sub>). Por lo tanto, los fertilizantes fosfatados y cálcicos deben solubilizarse en contenedores separados para evitar que precipiten y afecte la relación iónica deseada para nutrir al cultivo de forma adecuada. En el mismo sentido, los micronutrientes interactúan con las sales del agua de riego formando precipitados, por lo que se recomienda aplicarlos en forma de quelatos (Cuadro 5).

Cuadro 4. Incompatibilidad entre fertilizantes para fertirriego.

Fertilizante	Compatibilidad	
	Ligera	No compatible
Sulfato de amonio	Nitrato de calcio Nitrato de potasio	-
Nitrato de calcio	Sulfato de amonio	Fosfato monoamónico y F. monopotásico Nitrato de potasio con Mg o P.
F. monoamónico y F. monopotásico	Nitrato de potasio-Mg	-



Cuadro 5. Fertilizantes con micronutrientes recomendados para fertirriego (Sánchez, 2000).

Fertilizante	Nutriente (%)	Solubilidad (g/l)
Bórax; ácido bórico	B (11; 17.5)	2.1, 6.3
Sulfato de hierro; Quelato-Fe	Fe (20; 4-14)	15; soluble
Sulfato de cobre; Quelato-Cu	Cu (25; 5-14)	22; soluble
Sulfato de cinc; Quelato-Zn	Zn (36; 5-14)	96; soluble
Sulfato de Manganeso; Quelato-Mn	Mn (27; 5-12)	105; soluble
Molibdato de sodio; M. de amonio	Mo (39; 54)	56; 43

Por lo tanto, los contenidos de sales en las aguas de riego modifican en gran medida la relación iónica de las soluciones, por lo que es necesario saber cuáles y en que concentración se encuentran para preparar la solución final. Además, se debe analizar el contenido de sales de la solución aplicada al sustrato durante el funcionamiento del sistema de riego, ya que se pueden presentar precipitaciones que disminuyan las concentraciones finales de las sales aplicadas en el riego. Asimismo, hay que considerar la temperatura, ya que como mencionamos, esta influye en la solubilidad de los fertilizantes; sino mantenemos una temperatura adecuada a lo largo del ciclo, la variación nutricional en la solución de riego presentará variaciones que resultaran en una reducción del rendimiento final. Finalmente, un adecuado muestreo de la solución nutritiva, permitirá conocer la concentración de sales real en la solución.

## Fuentes

Burt, C., K. O'connor and T. Ruehr. 1998. Fertigation. Irrigation Training and Research Center. CPSU. San Luis Obispo, CA. 295 p.

Sánchez V., J. 2000. Fertirrigación. Principios, factores, aplicaciones. Seminario de fertirrigación. Apukai-Comex Perú. Lima-Perú. 26 p.