

EVALUACIÓN DE DISTINTOS ABONOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS USADOS FRECUENTEMENTE EN FERTIRRIGACIÓN

Características de los fertilizantes usados en fertirrigación y su efecto sobre el agua de riego

En este artículo se detallan los distintos aspectos a tener en cuenta para realizar correctamente el abonado a través de riego o fertirrigación, detallando los abonos que frecuentemente se usan para este fin, su solubilidad en el agua de riego, la salinidad o índice de sal de cada uno de

los fertilizantes incorporables, y otros aspectos de importancia como el nivel corrosivo sobre metales y su peligrosidad. Además, se analizan los efectos de los fertilizantes al disolverse en el agua de riego, que hacen que las características químicas de ésta se vean alteradas.

Pedro J. Ferrer Talón.

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias.

En nuestro país la rápida expansión que, en los últimos años, ha tenido la técnica del riego localizado, rondando en la actualidad los 1,5 millones de hectáreas, y su paulatina introducción en zonas de agricultura tradicio-

nalmente de regadío extensivo y climatología adversa ha obligado, tanto al técnico como al agricultor, a adaptar y asimilar esta nueva filosofía sobre riego. La implantación de la fertirrigación ha seguido pareja al crecimiento del riego localizado, pero a las pautas de aplicación de fertilizantes se le han dedicado muchos menos recursos que a las del agua. No es extraño encontrar hoy en día los más modernos sistemas de riego aplicando fertilizantes según criterios de abonado tradicional.

Los aspectos a tener en cuenta para la programación de la fertirrigación son:

- Estudio del suelo o substrato: análisis químico y análisis físico - poder de retención de agua.
- Estudio de la calidad de agua de riego: salinidad, sodicidad, toxicidad, etc.
- Análisis de vegetales: estado nutricional de macro y microelementos.
- Sistema experto para recomendación de abonado: datos analíticos del suelo y ve-

La implantación de la fertirrigación ha seguido pareja al crecimiento del riego localizado.



getal; consideración de datos de cosechas obtenidas con anteriores recomendaciones.

- Estudio de los fertilizantes: diseño de formulas (estabilidad en almacenaje, compatibilidad con el agua de riego; compatibilidad con otros fertilizantes o agroquímicos; corrosión).

- Sistemas de aplicación: mantenimiento y limpieza.

- Sistema automático de dosificación de fertilizantes y agua.

Es importante tener en cuenta que cuando consideramos el cultivo con riego localizado la parte del sistema radicular más activa para la absorción se halla concentrada principalmente en los bulbos húmedos que representan solamente una parte pequeña del volumen de suelo. En riego localizado si se aplican los abonos sobre toda la superficie es, como mínimo, un dispendio innecesario, puesto que lo que no se deposita en las inmediaciones del bulbo húmedo tiene muy pocas probabilidades de ser absorbido por la planta. Como la capacidad de almacén (bulbos) es muy limitada no se pueden aplicar cantidades grandes de abono, ya que una vez saturada la capacidad de almacenamiento el resto se perderá. En consecuencia, tal y como sucede también con el agua, las aportaciones en fertirrigación deben ser de pequeñas cantidades para evitar las pérdidas. Es decir que, por sus características agronómicas, el riego localizado necesita la fertirrigación y el fraccionamiento de las aportaciones.

Analizaremos a continuación dos aspectos de importancia a la hora de realizar correctamente la fertirrigación de un cultivo, características de distintos fertilizantes usados en fertirrigación y el efecto que éstos causan en el agua de riego.

El fertilizante

Podemos encontrar en el mercado abonos sólidos simples, mezclas y complejos binarios y ternarios cristalinos; abonos líquidos simples, NPK ácidos, NPK neutros y ácidos fertilizantes (nitrógeno y fosfórico), todos ellos válidos para ser usados en fertirrigación.

Una relación de abonos de uso en fertirrigación puede ser la siguiente:

1. Sólidos:

- Urea (46 - 0 - 0).
- Nitrato amónico (33,5 - 0 - 0).
- Sulfato amónico (21 - 0 - 0).

La mayoría de las sales aumentan su solubilidad con la temperatura, la excepción la presentan algunos compuestos de calcio poco solubles como el hidróxido cálcico, el acetato cálcico y el carbonato cálcico, que aumentan su solubilidad al disminuir la temperatura.

- Fosfato monoamónico (12 - 60 - 0).
- Fosfato de urea (18 - 44 - 0).
- Fosfato monopotásico (0 - 52 - 34).
- Cloruro potásico (0 - 0 - 60).
- Nitrato potásico (13 - 0 - 46).
- Sulfato potásico (0 - 0 - 50) alcalino (al).
- Nitrato de cal (15,5 - 0 - 0) ácido (ac).
- Nitrato de magnesio (11 - 0 - 0 - 15MgO).
- Sulfato de magnesio (Epsonita) (0 - 0 - 0 - 16MgO).

2. Complejos hidrosolubles:

- Kristalón (17-6-18-2MgO / 13-5-26-3MgO / 18-18-18 / 20-5-10-2MgO) con micros.
- Hakaphos (14-10-14-1,2 MgO / 17-5-19 / 13-40-13 / 15 -5-30) con micros.
- Otros.

3. Líquidos:

- Solución N-32 (32-0-0).
- Solución N-20 (20-0-0).
- Solución ácida de potasio (0-0-10).
- Nitrato de magnesio líquido. (7-0-0-9,5 MgO).
- Complejos líquidos ácidos (4-8-12 / 8-4-10 / 12-4-6) [pH 1-2].
- Complejos líquidos neutros (4-8-12 / 10-6-10 / 16-4-6) [pH 6-7].
- Complejos líquidos a demanda.

Solubilidad

Para su uso en fertirrigación interesan productos de alta solubilidad de forma que no queden partículas insolubles que al ser arrastradas por el agua conducirían a las temibles obturaciones.

La miscibilidad con el agua es total para los productos líquidos. En el **cuadro I** se dan algunos valores orientativos de la solubilidad, en agua destilada, de los principales abonos sólidos utilizados en fertirrigación. Nótese la variación de la solubilidad con la temperatura, cosa que puede originar precipitaciones de producto en el fondo de los depósitos, por efecto de la sobresaturación, al descender la temperatura ambiente.

Como se aprecia en el **cuadro I**, la mayoría de las sales aumentan su solubilidad con la temperatura, la excepción la presentan algunos compuestos de calcio poco solubles como el hidróxido cálcico, el acetato

CUADRO I.

Solubilidad de fertilizantes a distintas temperaturas.

Fertilizante	Reacción	Solubilidad(g/l de agua)			
		0°C	10°C	20°C	30°C
Urea	Básica	670	850	1050	1350
Nitrato amónico	Ácida	1180	1500	1920	2420
Sulfato amónico	Ácida	710	730	754	780
Urea Fosfato	Ácida			620	
Fosfato monoamónico	Ácida	220	280	365	458
Fosfato monopotásico	Ácida	159	183	226	277
Sulfato de potasio	Ácida	74	93	111	131
Nitrato potásico	Básica	133	209	316	458
Cloruro potásico				330	
Sulfato de magnesio	Ácida	223	278	335	396
Nitrato de magnesio	Ácida	665	710	760	800
Nitrato de calcio	Básica	1020	1150	1290	1530
Sulfato de cinc	Ácida	420	470	540	610
Sulfato de manganeso	Ácida	532	600	645	664
Acido bórico	Ácida			51	67
Bórax		12	18	27	39
Sulfato de cobre	Ácida	143	174	207	250

CUADRO II.

Relaciones recomendadas para la disolución de abonos.

Nombre	Fórmula química	Relación abono/agua
Nitrato potásico	KNO_3	1 / 4
Nitrato cálcico	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1 / 1
Sulfato amónico	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	1 / 2
Fosfato monoamónico MAP	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	1 / 4
Nitrato amónico	NH_4NO_3	1 / 1
Fosfato monopotásico	KH_2PO_4	1 / 3
Cloruro potásico	KCl	1 / 3
Sulfato potásico	K_2SO_4	1 / 15
Sulfato de magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1 / 2
Cloruro cálcico	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	1 / 1

cálcico y el carbonato cálcico, que aumentan su solubilidad al disminuir la temperatura.

Para evitar problemas en los tanques, en la práctica es conveniente utilizar las relaciones que se presentan en el **cuadro II**.

Salinidad

Cuando las características de las aguas utilizadas y las de los suelos regados hagan temer un cierto riesgo de salinidad hay que tener en cuenta el índice de sal de cada uno de los fertilizantes incorporables. Este índice de sal se calcula en función del aumento de la presión osmótica que el abono produce en la solución del suelo, comparado con el que produce la incorporación del nitrato sódico, que se toma como base 100. Los valores para los abonos más usuales se reflejan en el **cuadro III**.

El efecto salino tiene también reflejo en el aumento de la conductividad eléctrica de la solución, cosa que se verá al tratar el efecto de los fertilizantes en el agua de riego.

Nivel corrosivo sobre metales

Es muy importante conocer la resistencia de los materiales de la instalación de riego a la corrosión, especialmente en filtros y

cubas para fertilizantes, donde pueden emplearse materiales metálicos. En el **cuadro IV** se recoge una tabla realizada por Martín sobre los efectos de algunos fertilizantes de utilización frecuente en riego localizado.

Peligrosidad

Para el manejo de algunos productos líquidos, como los ácidos nítrico y fosfórico, se necesita recurrir a la utilización de guan-

tes y mascarillas, aspectos estos que hay que tener en cuenta para evitar accidentes.

Evaluación de fertilizantes

En el **cuadro V** se presenta una tabla hecha por Del Amor para evaluar algunos fertilizantes de uso frecuente en el riego localizado sobre la base de distintos criterios de solubilidad, precipitabilidad, miscibilidad, etc.

Efectos de los fertilizantes en el agua de riego

Al disolverse los fertilizantes en el agua las características químicas de ésta se ven alteradas. Estas alteraciones influyen en tres aspectos principalmente.

Modificación de la temperatura

Aunque posteriormente no afecte al almacenamiento de la solución, en el momento de la disolución de los fertilizantes, a causa del proceso físico, se produce una reacción energética por lo general de carácter endotérmico. Esta circunstancia puede originar un brusco descenso de la temperatura del agua y, como consecuencia de ello, una menor disolución del abono.

Los abonos nitrogenados presentan una reacción de disolución muy endotérmica; en los fosfatados es mayor la del fosfato urea que la del fosfato monoamónico y en los potásicos el nitrato potásico presenta una reacción mucho mayor que la del sulfato potásico. En general, cuanto mayor es la solubilidad de un fertilizante, mayor es su reacción endotérmica.

Modificación del pH

Al ser los abonos sales altamente disociables, su disolución influye en las propiedades químicas y en particular en el pH, con las consecuencias que ello presenta. Al aumentar el pH aumenta el riesgo de precipitaciones del calcio, ya que las variaciones de pH afectan al equilibrio CO_2 -bicarbonato-carbonato. Por contra, si el abono baja el pH, no sólo evitará obstrucciones, sino que además puede limpiar la instalación. En el **cuadro VI** se presenta una tabla de solubilidad del Ca para distintos valores de pH. Como puede observarse la solubilidad se



CUADRO III.

Índice de sal de los fertilizantes.

Fertilizante	Índice de sal
Fosfato monoamónico	34,0
Sulfato potásico	46,1
Nitrato cálcico	52,5
Sulfato amónico	69,0
Nitrato potásico	73,6
Urea	75,4
Nitrato sódico	100
Nitrato amónico	104,7
Cloruro potásico	116,3
Cloruro sódico	153,8

ve tan afectada que simplemente pasar de un pH 6 a un pH 7 supone disminuir cinco veces la solubilidad.

Lo ideal, realmente, es realizar una prueba en la propia finca o en laboratorio, apoyándose en el empleo de un conductímetro y un pHmetro, de lo que sucederá con el agua de riego que se va a utilizar, pudiéndose programar previamente la dosis necesaria

CUADRO IV.

Nivel de corrosión de algunos fertilizantes sobre metales.

METAL	Nitrato cálcico	Nitrato amónico	Urea	Ácido fosfórico
Hierro galvanizado	2	4	1	4
Aluminio	0	1	0	2
Acero inoxidable	0	0	0	1
Latón	1	3	0	2
pH solución	5,6	5,9	7,6	0,4

Nivel de corrosión: 0- ninguno; 1- débil; 2- moderado; 3- considerable; 4- severo.
Condiciones: 5 kg. de fertilizante en 100 litros de agua y 4 días de contacto con el metal.
Fuente: Martín (1.953).

ria para que no haya precipitaciones y la salinidad sea la menor posible.

Modificación de la conductividad eléctrica

La adición de las distintas sales fertilizantes aumenta el contenido salino del agua, y por tanto modifican la CE empeorando su calidad desde el punto de vista del efecto osmótico, pudiendo repercutir incluso negativamente en el cultivo.

La medida del contenido de sales de

una solución, por lo general, no se realiza en g/l sino que se recurre a una medida indirecta, la conductividad eléctrica (CE), que se expresa en milimho/cm (mmho/cm) o, actualmente, en dS/m siendo ambos equivalentes (1 mmho/cm = 1 dS/m). No obstante, y con carácter general, existe una relación aproximada entre la conductividad eléctrica y la cantidad de sales del agua de riego, es la siguiente: 1 dS/m = 0,64 g/l (USDA).

Así pues, el contenido de sales, expre-

Sulfato de Potasio

Líder en calidad

Dos nutrientes altamente concentrados y totalmente solubles en agua. Para cultivos de alta productividad, sensibles al cloruro y / o en suelos con elevada salinidad.

Sulfato de potasio 50% K₂O y 45% SO₃



COMPO Agricultura S.L., División K+S KALI GmbH · Joan d'Austria 39-47 · 08005 Barcelona · España
Teléfono: 932 247 334 · Fax: 932 259 291 · E-Mail: enrique.tonagel@kali-gmbh.com · Web: www.kali-gmbh.com

Una empresa del grupo K+S

CUADRO V.

Principales criterios para evaluación de algunos fertilizantes de uso frecuente en el riego localizado.

Propiedad	Fertilizante						
	Urea	N-32	NA	NK	AF	FMA	PFA
Solubilidad	3	3	3	2	3	2	3
Precipitabilidad	2	2	1	1	1	3	3
Corrosividad	1	2	2	1	3	2	1
Pérdidas por volatilización	3	3	3	1	1	1	1
Daños a la planta	2	2	2	1	3	2	1
Miscibilidad	3	3	3	2	2	3	3

Abreviaturas y símbolos: N-32: solución nitrogenada; NA: nitrato amónico; NK: nitrato potásico; AF: ácido ortofosfórico; FMA: fosfato monoamónico; PFA: polifosfato amónico.
1, baja; 2, intermedia; 3 alta, Fuente: Del Amor et al. (1985) y Sneh (1986).

sado en g/l, del agua de riego puede obtenerse, de forma aproximada, multiplicando la medida de la conductividad eléctrica de la misma, expresada en mmho/cm o en dS/m, por 0,64, según la ecuación: contenido sales (g/l) = 0,64 x CE (mmhos/cm o dS/m).

El efecto osmótico de las sales en la solución del suelo afecta a los mecanismos de absorción de las raíces, pero cada especie tiene su propia fisiología. En consecuencia la respuesta productiva ante condiciones de salinidad no es igual para todos los cultivos, unos son más sensibles que otros.

Para cualquier cultivo existe una zona (tramo horizontal) en la que, pese a aumentar la salinidad, el rendimiento o producción no se ve afectado; pero a partir de un cierto valor de la salinidad (valor umbral) cualquier aumento del

contenido de sales produce un descenso del rendimiento del cultivo.

Cada cultivo tiene su valor umbral característico, que indica si su tolerancia a la salinidad es elevada, media o baja; así como su sensibilidad que indica cuanto disminuye el rendimiento al aumentar la salinidad una unidad a partir del umbral.

Los abonos que se emplean en fertirrigación, excepto la urea que es un compuesto orgánico, son sales y al incorporarse al agua de riego aumentan la salinidad de la misma. Es preciso pues tener cuidado con la cantidad de abonos que se aportan con el agua de riego, ya que la suma de las sales que lleva el agua más las que incorporamos como fertilizantes no debería de sobrepasar las del nivel umbral de tolerancia del cultivo, con el fin de que no disminuyese la producción.

En la **cuadro VII** se muestran, para algu-

CUADRO VII.

Valores adoptados como umbrales de salinidad correspondientes a la CE/80 de riego tradicional (adaptado de Ayers y Westcot).

Cultivo	CE (dS/m)	g/l	Cultivo	CE (dS/m)	g/l
Granado	4,7	3,00	Brócoli	4,7	3,00
Higuera	4,7	3,00	Melón	4,6	2,95
Olivo	4,7	3,00	Espinaca	4,5	2,90
Vid	3,3	2,10	Tomate	4,3	2,75
Peral	3,0	1,95	Pepino	3,9	2,50
Manzano	3,0	1,95	Patata	3,1	2,00
Naranja	3,0	1,95	Boniato	3,0	1,95
Nogal	3,0	1,95	Pimiento	2,8	1,80
Melocotonero	2,6	1,70	Lechuga	2,7	1,75
Ciruelo	2,5	1,60	Rábano	2,5	1,60
Almendro	2,4	1,55	Cebolla	2,3	1,45
Albaricoquero	2,3	1,45	Judía	1,9	1,20
Aguacate	2,2	1,40	Fresa	1,6	1,00

CUADRO VI.

Solubilidad del calcio para diferentes valores de pH.

pH	Ca (meq/l)	Ca (ppm)
6,0	36,8	734,4
6,4	17,6	357,7
6,8	9,3	186,3
7	7	140,2
7,4	4,2	84,1
7,8	2,6	52,1
8,2	2,0	40,0

nos cultivos frutales y hortícolas, unos valores estimados del umbral de salinidad.

Estos valores se refieren a plantas adultas, por tanto no conviene olvidar que los plantones y las plantas hortícolas, en la germinación y la fase de plántulas, son más sensibles.

Las sales disueltas, que originan el descenso del rendimiento de los cultivos, pueden provenir bien del suelo o bien del agua de riego, incluidos los abonos disueltos en ella. Desde el punto de vista de la fertirrigación nos interesan estas últimas.

Lo ideal es que la concentración a la que se empleen los abonos no aumente la CE del agua de riego más de 1 dS/m, por ello se recomienda fraccionar lo más posible la fertilización. La CE del agua más el abono debería de estar, idealmente, en el entorno de 2-3 dS/m como máximo.

Conociendo la salinidad del agua y la cantidad de sales que tolera el cultivo se puede calcular la cantidad de abono que puede incorporarse en cada riego, que vendrá dada por la expresión:

$$C.M.A. = Q \times (C_m - C_{ar}).$$

En la que:

C.M.A. = Cantidad máxima de abono (kg)

Q = Cantidad de agua aplicada en un riego (m³)

C_m = Cantidad máxima de sales a tolerar por el cultivo o bien umbral de salinidad (g/l)

C_{ar} = Cantidad de sales del agua de riego (g/l)

También pues, desde el punto de vista de la salinidad, el fraccionamiento de las aportaciones es deseable y conveniente para la buena marcha del cultivo. ●