



Productos específicos para fertirrigación y acidificación de disoluciones de riego

Fertilizantes más usados, metales y dosis en función del tipo de cultivo y agua de riego

La fertirrigación es una técnica de fertilización localizada que incrementa la eficacia en relación con los métodos convencionales, pero que hay que conocer y aplicar adecuadamente en función del agua de riego y el tipo de explotación –sobre suelo, enarenado o sustrato–. Para ello se actúa sobre las disoluciones nutritivas, las cuales se caracterizan por tres parámetros (pH, CE y equilibrio iónico) que se explican a continuación.

Pellicer C., Rincón L.
IMIDA (Murcia)

La técnica de la fertirrigación consiste en el uso combinado de agua y fertilizantes en condiciones de riego localizado. Desde el inicio del uso de esta técnica, se ha comprobado a través de numerosos estudios que la aplicación de nutrientes en fertirrigación localizada incrementa la eficiencia en relación con los métodos convencionales (Bar Yosef *et al.*, 1989; Stark *et al.*, 1983; Breschini y Hartz, 2002).

Se denominan fertilizantes o abonos a las sustancias, orgánicas o inorgánicas, que se añaden al suelo o a las plantas para poner a disposición de éstas los nutrientes necesarios para su crecimiento. Los fertilizantes empleados en fertirrigación deben ser abonos sólidos o líquidos de alta solubilidad. Se llama disolución nutritiva, la disolución acuosa que contiene los nutrientes

esenciales y necesarios para las plantas, en formas iónicas directamente asimilables por las raíces y en proporciones equilibradas conforme a las relaciones existentes entre los distintos iones; son un medio excelente para regular la cantidad y la proporción relativa de las sales minerales suministradas a las plantas en cualquier cultivo. En todas las disoluciones nutritivas se suministran los macronutrientes nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), las plantas también requieren de otros nutrientes que son utilizados en muy pequeñas cantidades que se denominan oligoelementos o micronutrientes, estos son: hierro (Fe), cobre (Cu), cinc (Zn), boro (B), manganeso (Mn) y molibdeno (Mo).

Las disoluciones nutritivas se caracterizan por tres parámetros principales: pH, concentración salina y equilibrio iónico.

► pH de las disoluciones de riego

Las disoluciones nutritivas se acidifican a pH entre 5,5-6,5, valores que se corresponden con las recomendaciones bibliográficas que consideran que los niveles de absorción de los distintos elementos se optimizan en este intervalo de valores de pH. Mantener un pH adecuado en las disoluciones nutritivas, asegura la solubilidad de sus componentes, a pH > 7 precipita el Fe, Cu, Zn y Mn y aumenta la solubilidad del Mo. Un pH ácido puede inducir carencias de calcio y baja utilización del catión amonio.

El pH final de la disolución nutritiva está supeditado a la composición y al pH del agua de riego. En las regiones mediterráneas

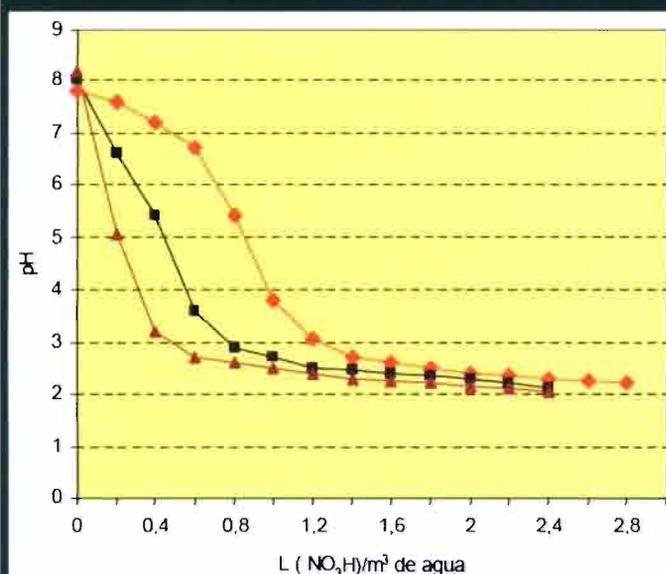
as, generalmente, las aguas presentan considerables concentraciones de iones bicarbonato que provocan una reacción básica (pH alto), lo que implica la necesidad de utilizar ácidos para bajar el pH de la disolución nutritiva. La cantidad de ácido a adicionar dependerá de la naturaleza del agua de riego y del ácido que se utilice. Para aguas de riego con una composición química tipo, es conocido que neutralizando los bicarbonatos hasta concentraciones de 0,5 a 0,3 mM (mmoles/l) el pH de la disolución nutritiva se sitúa entre 5,5 y 5,3, valor óptimo de la disolución nutritiva. En la **figura 1** se representa la variación del pH de aguas de distinta procedencia (**cuadro I**), al adicionarles ácido nítrico.

No obstante, el suelo presenta una gran resistencia a modificar su pH, y por tanto el pH de la disolución nutritiva de riego no tiene mayor influencia sobre el pH del suelo, por consiguiente en cultivos en suelo no es necesario un ajuste preciso. En estos casos la aplicación de ácidos nos interesa, bien por ajustar los niveles de nitratos y fosfatos, o bien por mantener los nutrientes en disolución, pero sabiendo que la incidencia sobre el pH de la disolución del suelo va a ser baja.

Para los cultivos sin suelo (sobre sustratos o en disolución nutritiva) el control del pH de la disolución nutritiva es funda-

FIGURA 1.

Curvas de valoración de tres aguas de distinta procedencia con ácido nítrico.



CUADRO I. ANÁLISIS QUÍMICO DE TRES AGUAS TIPO: AGUA DE POZO, AGUA DE LA RED DE ABASTECIMIENTO PÚBLICO, AGUA PROCEDENTE DEL TRASVASE TAJO-SEGURA.

Procedencia agua		Pozo	Red de abastecimiento público	Trasvase Tajo-Segura
pH		7,72	8,02	8,28
CE	dS/m	3,77	1,41	1,46
CO ₃ H-	meq/l	6,15	3,48	1,48
CO ₃ ²⁻	meq/l	0,00	0,00	0,00
Ca ²⁺	meq/l	19,80	5,98	5,57
Mg ²⁺	meq/l	18,39	5,33	5,43
Na+	meq/l	9,40	4,00	4,48
pK _s -pK _c		2,47	2,32	2,32
p (Ca)		2,00	2,52	2,55
p (alk)		2,20	2,46	2,83
Is		1,05	0,72	0,58



Cabeza del riego móvil con depósitos de soluciones concentradas, inyectores eléctricos y agitador mediante bomba soplante.

mental, puesto que nos garantiza la perfecta absorción de los nutrientes por las plantas.

Otro aspecto importante a tener en cuenta al ajustar el pH de las disoluciones nutritivas, es la prevención y eliminación de las obstrucciones en las redes de riego y en los emisores (Rincón y col. 1989, Rincón y Sáez, 1993). Las obstrucciones pueden ser

FERTILIZANTES Y PRODUCTOS FITOSANITARIOS

<http://www.luqsa.com>
Info@luqsa.com

Afuera, s/n. 25173 SUDANELL (LLEIDA)
Tel. 973 25 82 56 - Fax 973 25 80 19

FERTIRRIGACIÓN

físicas, químicas y biológicas. Las obstrucciones químicas se deben, principalmente, a los precipitados de sulfato cálcico y carbonatos cálcico y magnésico, que se producen cuando la temperatura y pH de la disolución de riego son elevados. Para predecir la precipitación del carbonato cálcico se utiliza el Índice de saturación de Langelier (Is).

$$Is = pHa - pHc,$$

Siendo:

pHa = pH actual del agua

pHc = pH teórico del agua en equilibrio con el CaCO₃

pHc = (pK₂' - pKc') + pAlk + pCa

Siendo:

pK₂', pKc', pAlk, pCa valores tabulados.

El cuadro II muestra los valores de pK₂' - pKc', pAlk y pCa.

Valores positivos del Índice de saturación (Is) indican la tendencia del CaCO₃ a precipitarse mientras que valores negativos tienden a mantenerlo en disolución.

Los ácidos comerciales utilizados en fertirrigación son principalmente el ácido nítrico y el ácido fosfórico.

Ácido nítrico

La fórmula química del ácido nítrico es HNO₃ (peso molecular 63), es un ácido fuerte cuya principal función, aparte de su-

ministrar nitrógeno al cultivo, es la de acidificar el agua de riego para conseguir un pH óptimo de 5,5-6,5. Tiene un papel muy importante en la fertirrigación. Son varias las soluciones existentes en el mercado, sus características se muestran en el cuadro III.

Este producto se utiliza principalmente como corrector de pH de las disoluciones concentradas durante su preparación así como en la manipulación, limpieza y aplicación de los productos fertilizantes en la red de riego. El objetivo principal es obtener un pH ligeramente ácido del agua de riego durante la aplicación de la solución fertilizante para evitar cualquier problema de insolubilizaciones con la consecuente obstrucción de los emisores. Para evitar estos problemas se suele hacer una adición al agua de ácido nítrico que depende del contenido de bicarbonatos, de calcio y de magnesio, siendo la dosis utilizada 50-300 ml/m³.

También ayuda a limpiar los conductos y tuberías de los posibles precipitados que se puedan acumular, principalmente de carbonato de calcio y de magnesio. En este caso se utiliza de forma periódica (semanal, quincenal, mensualmente) según convenga en dosis del 0,5 al 1,2 por mil, de modo que se produzca la salida de agua muy ácida en los emisores.

El ácido nítrico también aporta el nitrógeno, que es uno de los elementos nutrientes principales de los cultivos. Por cada mililitro de ácido nítrico comercial (riqueza 54% y densidad 1,317 g/cm³) estamos aportando 11,28 meq/l de ácido nítrico o lo que es lo mismo 158,04 mg de N. Estas cantidades de nitrógeno que se adicionan con el fin de acidificar las soluciones es conveniente tenerlas en cuenta a la hora de calcular las aportaciones necesarias de nitrógeno a los cultivos.

Por ejemplo, un cultivo de lechuga en el Campo de Cartagena, con unas necesidades hídricas totales de 2.700 m³/ha (Rincón L., 2001), regado con agua procedente del trasvase Tajo-Segura con un contenido medio en bicarbonatos de 1,5 meq/l, manteniendo el pH de la disolución de riego entre los valores recomendados durante todo el ciclo de cultivo, se habrán añadido 239 l de NO₃H lo que se corresponde a 37,8 kg/ha de nitrógeno (38% del total de las necesidades de nitrógeno por el cultivo; Rincón L., 2001).

Los cálculos son los siguientes:

- Para neutralizar los bicarbonatos del agua hasta concentraciones de 0,5 mM añadiremos 1 meq de NO₃H por cada litro de disolución de riego.

- 1 meq de NO₃H se corresponde con 63 mg de NO₃H puro.

- Si adicionamos NO₃H comercial (riqueza 54% y densidad 1,317 g/cm³), tendremos que añadir: (100 x 0,063/1,317) / 54 = 0,088 cm³ de NO₃H comercial para añadir 1 meq de NO₃H por litro de disolución de riego.

- Para un consumo hídrico de 2.700 m³/ha: 0,088 cm³ de NO₃H x 2700 m³ de agua = 0,088·10⁻³ litros x 2.700·10³ litros = 238,95 litros de NO₃H comercial (riqueza 54% y densidad 1,317 g/cm³).

Ácido fosfórico

Su fórmula química es H₃PO₄ (peso molecular 98). Al igual que el ácido nítrico, interviene en la neutralización de los bicarbonatos. También se emplea como fuente de fósforo, tanto en cultivos en suelo o en enarenado como en cultivos sin suelo. El comercial es una dilución de ácido fosfórico técnicamente puro, que se presenta en forma líquida y posee una riqueza en ácido fosfórico (H₃PO₄) del 75% equivalente al 54,33 % p/p

CUADRO II. VALORES DE pK₂' - pKc', pAlk y pCa.

Concentración Ca ²⁺ +Mg ²⁺ +Na ⁺	pK ₂ ' - pKc'	Concentración Ca ²⁺ (meq/l)	pCa	Concentración CO ₃ ²⁻ +HCO ₃ ⁻	pAlk
0,50	2,11	0,05	4,60	0,05	4,30
0,70	2,12	0,10	4,30	0,10	4,00
0,90	2,13	0,15	4,12	0,15	3,82
1,20	2,14	0,20	4,00	0,20	3,70
1,60	2,15	0,25	3,90	0,25	3,60
1,90	2,16	0,32	3,80	0,31	3,51
2,40	2,17	0,39	3,70	0,40	3,40
2,80	2,18	0,50	3,60	0,50	3,30
3,30	2,19	0,63	3,50	0,63	3,20
3,90	2,20	0,79	3,40	0,79	3,10
4,50	2,21	1,00	3,30	0,99	3,00
5,10	2,22	1,25	3,20	1,25	2,90
5,80	2,23	1,58	3,10	1,57	2,80
6,60	2,24	1,98	3,00	1,98	2,70
7,40	2,25	2,49	2,90	2,49	2,60
8,30	2,26	3,14	2,80	3,13	2,50
9,20	2,27	3,90	2,70	4,00	2,40
11,00	2,28	4,97	2,60	5,00	2,30
13,00	2,30	6,30	2,50	6,30	2,20
15,00	2,32	7,90	2,40	7,90	2,10
18,00	2,34	10,00	2,30	9,90	2,00
22,00	2,36	12,50	2,20	12,50	1,90
25,00	2,38	15,80	2,10	15,70	1,80
29,00	2,40	19,80	2,00	19,80	1,70
34,00	2,42				
39,00	2,44				
45,00	2,46				
51,00	2,48				
59,00	2,50				
67,00	2,52				
76,00	2,54				

CUADRO III. CARACTERÍSTICAS DE LAS SOLUCIONES DE ÁCIDO NÍTRICO EXISTENTES EN EL MERCADO.

Riqueza en N-NO ₃ ⁻ de la disolución (%)	Concentración en HNO ₃ (%)	Densidad (g·cm ⁻³)	g de N·l ⁻¹
12,0	54,0	1,317	158
12,6	56,0	1,325	167
13,0	58,5		
13,3	60,0		

FERTILIZACIÓN dossier

CUADRO IV. INCREMENTO DE LA CONDUCTIVIDAD DE LA DISOLUCIÓN NUTRITIVA (dS/m) EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE FERTILIZANTES Y VARIACIÓN DEL pH (RINCÓN L., 1991).

Concentración (g/l)	0,25	0,50	1,00	2,00	Variación	
Fertilizante	Conductividad eléctrica (dS/m)				pH	
Sulfato amónico	0,54	1,04	2,14	3,45	5,4	5,5
Nitrato amónico	0,49	0,78	0,94	2,78	5,8	5,3
Urea	4,47	6,61	6,64	7,41	5,6	6,2
Nitrato potásico	0,34	0,64	1,27	2,44	6,5	7,5
Solución nitrogenada	0,32	0,58	1,10	2,29	6,1	7,3
Sulfato de potasa	0,32	0,73	1,41	5,28	6,5	7,4
Ácido fosfórico	0,51	1,00	1,67	2,74	3,0	2,4
Fosfato monoamónico	0,20	0,41	0,80	1,57	5,3	4,7

CUADRO V. RELACIONES LINEALES ENTRE LA CONCENTRACIÓN DEL FERTILIZANTE (SST EN g/l) Y LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS/m) (RINCÓN Y SÁEZ, 2004).

Fertilizante	Relación lineal
Fosfato monopotásico (KH ₂ PO ₄)	SST (g/l) = 1,4082 CE (dS/m) - 0,0773
Sulfato de potasa (K ₂ SO ₄)	SST (g/l) = 0,6609 CE (dS/m) - 0,0891
Nitrato cálcico Ca(NO ₃) ₂	SST (g/l) = 0,9142 CE (dS/m) - 0,0735
Fosfato monoamónico (NH ₄) ₂ HPO ₄	SST (g/l) = 1,2304 CE (dS/m) - 0,0679
Nitrato potásico (KNO ₃)	SST (g/l) = 0,7713 CE (dS/m) - 0,0288
Nitrato amónico (NH ₄ NO ₃)	SST (g/l) = 0,6475 CE (dS/m) - 0,0494

en pentóxido de fósforo (P₂O₅) y densidad de 1,57 g/cm³. Es totalmente soluble en agua.

Tiene un doble papel como el ácido nítrico, ya que además de suministrar fósforo tiene también una función de prevención de las insolubilizaciones y limpieza de conductos.

El aporte de P por parte del ácido fosfórico comercial (75% y densidad 1,57) es de 12,01 meq de H₃PO₄ ó 372 mg de P por ml de ácido comercial. Si quisiéramos acidificar la disolución de riego con ácido fosfórico en el cultivo de lechuga del ejemplo anterior, resultaría que para mantener un pH en la disolución entre 5,5 y 6,5, la cantidad de ácido fosfórico que habría que adicionar es muy superior a las necesidades nutricionales de fósforo que presenta dicho cultivo. Esto nos indica que debemos tener presente las necesidades de N y P del cultivo a la hora de seleccionar el ácido que vamos a utilizar para acidificar la disolución.

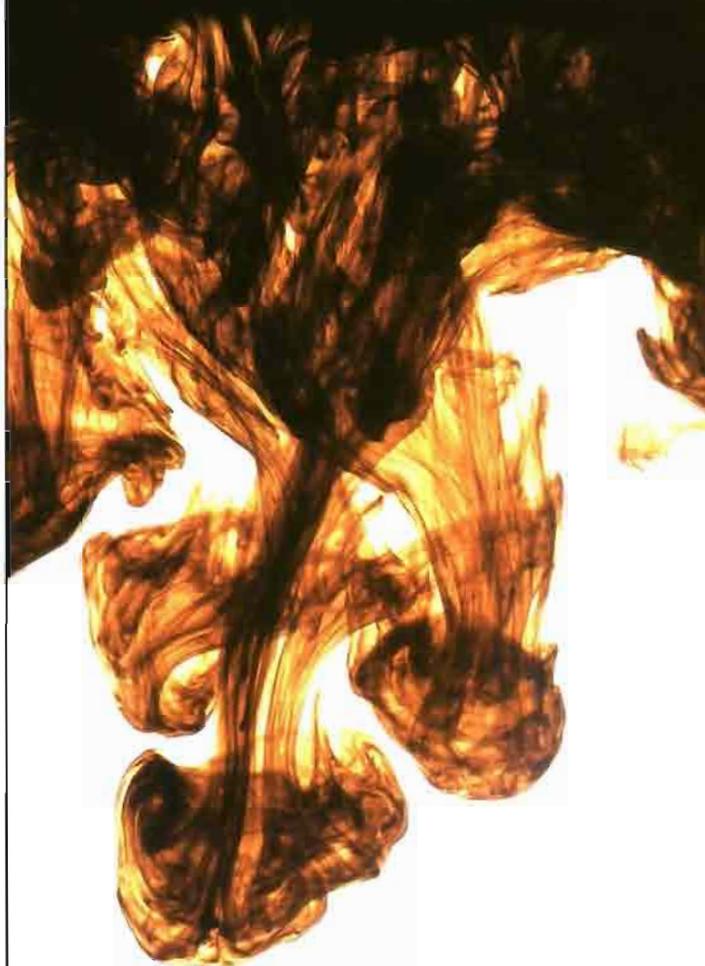
Concentración salina y equilibrio iónico

La concentración de las sales en las disoluciones nutritivas se expresa mediante medida de la conductividad eléctrica (**cuadro IV**). En el **cuadro V** se muestran las ecuaciones lineales existentes para el valor de la conductividad eléctrica y la concentración de cada uno de los fertilizantes disueltos en agua. El valor medio de la conductividad eléctrica (CE) de las disoluciones de riego debe de estar comprendido entre 1,5 y 3,5 dS/m, posibilitando la absorción de los nutrientes por las raíces de las plantas. Con estos valores de CE los potenciales osmóticos de las disoluciones nutritivas, en condiciones normales, no suponen un obstáculo a la entrada de agua en las plantas.

El problema en la concentración salina de las disoluciones puede surgir cuando el agua tenga un contenido en sales eleva-



Daymsa



Gama

Ácidos Húmicos

Camino de Enmedio, nº 120 • 50013 ZARAGOZA (España)
Tel. 976 46 15 16 - Fax 976 41 59 86 • e-mail: mail@daymsa.com
www.daymsa.com

Naturvital® • Naturvigor® • Naturcomplet®

FERTIRRIGACIÓN



Cabezal de riego con cuba de mezclas.

do, los cationes Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ , así como los iones Cl^- y SO_4^{2-} pueden encontrarse en cantidades excesivas respecto a las necesidades de las plantas, por lo que conviene tenerlo en cuenta a la hora de escoger los fertilizantes y las cantidades relativas a aportar. Los iones del agua en exceso, interaccionan con los de la disolución nutritiva dando lugar a desequilibrios entre ellos, inhibiendo o promoviendo la absorción de algún elemento presente en la disolución. Así tenemos:

- Alta concentración de sulfatos.	→	Promueve la absorción de sodio y dificulta la absorción de calcio.
- Alta concentración de calcio.	→	Interfiere la absorción de magnesio.
- Alta concentración de magnesio y sodio.	→	Produce deficiencias de calcio.
- Alta concentración de cloruros.	→	Compiten con los iones nitrato.
- Alta concentración de potasio.	→	Reduce la disponibilidad de calcio y magnesio.
- Alta concentración de hierro.	→	Induce a deficiencias de manganeso.

Preparación de las disoluciones nutritivas

Las disoluciones nutritivas de riego se conseguirán a partir de disoluciones concentradas. Se dispondrá de al menos dos tanques de disoluciones concentradas separadas, debido a la incompatibilidad de ciertos iones para permanecer en disolución; una de las disoluciones estará compuesta por los iones fosfato y sulfatos y la otra por los iones calcio. La concentración máxima de las sales en la disolución vendrá dada por la solubilidad de éstas (**cuadro VI**). Generalmente la solubilidad disminuye al disminuir la temperatura, para los cálculos se tomará la solu-

bilidad de la sal correspondiente a la temperatura menor prevista en el ciclo del cultivo.

La elección de las sales fertilizantes que deberán ser usadas, depende de una serie de factores: solubilidad y pureza de la sal, disponibilidad de los elementos constituyentes para las plantas, índice de salinidad, iones tóxicos, coste del fertilizante, etc. Los fertilizantes que se empleen deben de reunir las siguientes características:

- Contenido bajo en Cl^- , SO_4^{2-} y Na^+ .
- Reacción neutra o ácida.
- Totalmente soluble en agua, libres de impurezas.
- Adecuada solubilidad a la temperatura de trabajo.
- Deben de tener buena miscibilidad y compatibilidad con otros productos a utilizar.

► Sales fertilizantes de uso más común en la fertirrigación

Nitrato de potasio

Producto obtenido químicamente o por mezcla. Es de uso muy común con la ventaja de que aporta al suelo nitrógeno y potasio simultáneamente, su fórmula química es KNO_3 (peso molecular 101,1) y sus características se muestran en el **cuadro VI**. Este abono es la principal fuente de potasio en fertirrigación, siendo especialmente importante en aguas de baja calidad agronómica. Se presenta como cristales blancos poco higroscópicos.

Nitrato de calcio

Producto obtenido químicamente mediante la reacción del ácido nítrico con carbonato cálcico, que contiene como componente esencial nitrato cálcico y ocasionalmente nitrato amónico. Su fórmula química es $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (peso molecular 164,1) ó $5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}] \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3$ (con peso molecular 1.080,5). Por tanto, este fertilizante aporta una parte de nitrógeno en forma amoniacal, que puede desprejarse en cultivos en suelo o enarenado, pero que es conveniente considerar en cultivos sin suelo debido a la toxicidad que puede causar en ellos. Se emplea básicamente como fuente de calcio, pero además aporta nitrógeno. Se presenta como cristales blancos muy higroscópicos (**cuadro VI**).

Nitrato de magnesio

Producto obtenido químicamente, que se compone esencialmente de nitrato magnésico hexahidratado. Su fórmula química es $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (peso molecular 256,3). Se emplea para suministrar magnesio cuando no es limitante el aporte de nitrógeno. Su presentación es en cristales solubles o en escamas y sus características se muestran en la **cuadro VI**.

Nitrato amónico

Producto obtenido químicamente a partir de la reacción del ácido nítrico con amoníaco. Su fórmula química es NH_4NO_3 (peso molecular 80). Aporta nitrógeno tanto en forma nítrica como amoniacal. Se emplea frecuentemente en la fertirrigación de cultivos en suelo, y en los cultivos sin suelo en las etapas de rápido crecimiento y por tanto con gran demanda de nitrógeno, aunque en pequeñas cantidades debido a su fitotoxicidad. Es seguramente el abono sólido más empleado en fertirrigación, su

**HAY
MUCHAS
FORMAS DE
PROTEGER
TU COSECHA
DE ESTE AÑO...**



**... SÓLO
UNA DE
PROTEGER
TU COSECHA
DEL FUTURO**



RECICLA TUS ENVASES VACÍOS DE FITOSANITARIOS.

Entregalos gratis en los puntos de recogida SIGFITO, con el triple enjuague cuando sea posible, y estarás contribuyendo a garantizar el futuro de la actividad agraria. Busca tu punto de recogida más próximo en www.sigfito.es.



**HAZLO POR TI, HAZLO POR ELLA
CUIDA TU TIERRA**

SIGFITO AGROENVASES SL es la entidad sin ánimo de lucro encargada en España de la recogida de los envases vacíos de fitosanitarios y de su tratamiento medioambiental. Infórmese de su punto de recogida más cercano en su distribuidor habitual o en www.sigfito.es. Si su establecimiento o entidad quiere ofrecer el servicio de recogida llámenos al 91 716 11 30.

CUADRO VI. CARACTERÍSTICAS DE LAS SALES FERTILIZANTES.

Compuestos	Fórmula	Riqueza	Solubilidad (g/l)				Reacción
			0°C	15°C	20°C	30°C	
Nitrato potásico	KNO_3	13,5% N 46% K_2O 38,5% K	133	257	320	459	Neutra
Nitrato cálcico	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ $5[Ca(NO_3)_2 \cdot 2H_2O] \cdot NH_4NO_3$	14,5%N- NO_3 1,1%N- NH_4 26,5%O Ca 19% Ca	1.020	1.130	1.260	1.526	Básica
Nitrato amónico	NH_4NO_3	33,5%N		1.630	1.970	2.400	Ácida
Nitrato de magnesio	$Mg(NO_3)_2$	11%N 15,7%MgO	640		705		Ácida
Fosfato monoamónico	$NH_4PO_3H_2$	61,7% P_2O_5 12,1%N	227		370		Ácida
Fosfato monopotásico	KPO_3H_2	51% P_2O_5 34% K_2O	148		227		Básica
Sulfato de potasio	K_2SO_4	50-52% K_2O 47,5% SO_3	74	102	110	130	Ácida
Sulfato de magnesio	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	16%MgO 31,7% SO_3	260	332	360	409	Ácida

Fosfato monopotásico

Producto obtenido químicamente o por mezcla. Es de uso muy común en fertirrigación, principalmente en los cultivos sin suelo y su fórmula química es KH_2PO_4 (peso molecular 136,1). Este abono se emplea básicamente como fuente de fósforo, aunque también suministra potasio, en aguas con pocos bicarbonatos en las que no se puede aplicar todo el fósforo como ácido fosfórico. Su presentación es en forma de polvo cristalino blanco (**cuadro VI**).

Sulfato potásico (reacción ácida)

Producto obtenido químicamente a partir de las sales de potasio y que contiene como componente esencial sulfato potásico (**cuadro VI**). Su fórmula química es K_2SO_4 (peso molecular de 174,3). Normalmente se emplea como fuente de potasio, cuando éste no se puede aportar como nitrato potásico, con objeto de no sobrepasar los niveles de nitrógeno establecidos. Se presenta como sólido cristalino blanco. Existe en el mercado sulfato de potasio de reacción básica o

neutra. Éste no es aconsejable en fertirrigación por producir precipitados con el calcio del agua de riego.

Sulfato de magnesio

Es la fuente de magnesio más utilizada en la fertirrigación, generalmente se emplea la sal hidratada cuya fórmula es $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (epsonita). Se presenta como sólido cristalino blanco y sus características se presentan en el **cuadro VI**. ■



Depósitos de disoluciones concentradas, con inyectores eléctricos.

presentación es en cristales blancos o granulados y sus características se ofrecen en la **cuadro VI**.

Fosfato monoamónico

Producto obtenido químicamente por reacción del amoníaco con el ácido ortofosfórico o una mezcla de éste y sulfúrico. Es de uso muy común en las primeras etapas de crecimiento del cultivo, no es frecuente su uso en cultivos hidropónicos debido al ion amonio que contiene. Su fórmula química es $NH_4H_2PO_4$ (peso molecular de 115). Se presenta granulada o en forma cristalina, sus características se exponen en la **cuadro VI**.

Bibliografía

Alexander, A.; Helm, H. (1990). Ureaform As a Slow Release Fertilizer: A Review. Düsseldorf.

Allen, S.A. (1984): Slow release nitrogen fertilizers in: Nitrogen in crop production. ASA-CSSA-SSSA. pp. 195-206.

Benedetti, A.; Nardi, P.; Trinchera, A.; Sanipoli, A. M. (2004). Clasificación e Vantaggi dei Concimi Non a Pronto Effetto. INSP Roma.

Booze-Daniels, J. N.; Schmidt, R. E. (1997). The Use of Slow Release Nitrogen Fertilizers on the Roadside. Virginia Polytechnic Institute and State University.

Jimenez Gomez, S. (1992). Fertilizantes de Liberación Lenta. Ed. Mundi-Prensa.

Maturano, M. (2002). Estudio del uso del agua y del nitrógeno dentro del marco de una agricultura sostenible en las regiones Castellano-Manchega y Argentina. Tesis Doctoral. 246 pp. Universidad de Castilla-La Mancha.

Maturano, M.; López Córcoles, H.; Lerma Tabarra, M. L.; Sajardo Lucas, T. y Cantos Soriano, M. I. (2004). Estudio de la eficiencia en el uso del nitrógeno en el cultivo de maíz como respuesta a la aplicación de diferentes fuentes de fertilizantes nitrogenados. Informe Final. 21 pp. Abril 2004.

Ritchie, S. W.; Hanway, Y. J. (1982). How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service. Iowa Special report nº 48.