

Manejo de los nutrientes aportados por fertirrigación en cultivos sin suelo

Valores adecuados de pH y CE para mantener el equilibrio nutricional

La fertirrigación es fundamental en los cultivos sin suelo, debido al reducido volumen radical y a la necesidad de aplicación de todos los nutrientes considerados como esenciales. Suministrar el nivel necesario de cada nutriente es el objetivo, pero hay que tener en cuenta cómo varía la concentración de la disolución aportada en la zona radical, pudiendo sufrir variaciones en función del pH, CE o condiciones climáticas.

María del Carmen Salas Sanjuán. Profesora del Departamento de Producción Vegetal de la Universidad de Almería.

La fertirrigación consiste en la dosificación racional de fertilizantes por medio del sistema de riego. Con ella se consigue localizar los nutrientes en la zona donde se desarrollan las raíces, tantas veces como sea necesario, y suministrar el equilibrio de nutrientes deseado, que se puede variar durante todo el ciclo de cultivo.

En cultivo sin suelo la fertirrigación pasa a ser un aspecto fundamental debido al volumen radical limitado (**foto 1**) principalmente por el coste del material empleado, y en la mayoría de



Foto 1. Detalle de un cultivo de pepino en lana de roca.

los casos la capacidad de intercambio catiónico de los medios de cultivo utilizados en estos sistemas es escasa o nula. En la mayoría de los cultivos en suelo no es necesaria la adición de micronutrientes en la solución de riego, sin embargo, en cultivo sin suelo es necesaria la aplicación de todos los nutrientes considerados esenciales.

En general, los elementos que se consideran esenciales para el crecimiento de las plantas se pueden agrupar en macronutrientes y micronutrientes, refiriéndose principalmente a elementos que se necesitan en grandes cantidades y pequeñas, respectivamente.

La disponibilidad de nutrientes bajo condiciones normales es mayor en cultivos en sustrato; al ser más solubles, estar las raíces siempre expuestas a la disolución nutritiva, las concentraciones de nutrientes en hidroponía se mantienen más o menos constantes a través del cultivo, y existe una escasa o ninguna limitación de disponibilidad de nutrientes bajo condiciones normales.

Si se utilizan sustratos orgánicos (no inertes) como la turba, serrín, etc., éstos absorberán y liberarán nutrientes, ya que poseen cierta capacidad de intercambio catiónico. En sustratos inertes como lana de roca, perlita, etc. hay que tener en cuenta que no aportan nutrientes y deben aplicarse con la solución de fertirrigación.

Suministrar el nivel necesario de cada nutriente mediante soluciones nutritivas

En los cultivos sin suelo, desde un punto de vista práctico, para un crecimiento óptimo de las plantas, deberán añadirse siempre nutrientes adicionados como fertilizantes en los riegos durante el ciclo de cultivo (fertirrigación).

Las concentraciones requeridas de la disolución nutritiva se conocen generalmente como disoluciones ideales o concentraciones ideales (**cuadro I**). Inicialmente, ésta es la concentración en la disolución nutritiva preparada, es decir, aquélla que se aplica al cultivo por el gotero. Después, la disolución puede requerir, con el fin de mantener las concentraciones ideales en la zona radical, un ajuste promovido por el estado fenológico del cultivo, cambios en el medio ambiente, etc. De esta manera las soluciones nutritivas conocidas como ideales son sólo una guía que puede modificarse según las condiciones especiales del cultivo.

Manejo de la conductividad eléctrica

Independientemente del equilibrio nutricional elegido, la concentración total de sales disueltas en la disolución no debe sobrepasar determinados valores de CE total del fertirriego (**cuadro II, foto 2**), ya que tendríamos problemas de absorción

de agua y nutrientes por un elevado potencial osmótico en el medio radical. De igual manera, valores bajos supondrían una escasa disponibilidad de nutrientes en el medio. Existen trabajos que demuestran que numerosos cultivos desarrollados con soluciones equilibradas con concentraciones iónicas por debajo de 1,5 dS m⁻¹ reducen el crecimiento y la producción (Sonneveld, 2004).

Esto hace que, como regla general, tenemos que considerar la CE del agua empleada y la cantidad que se puede incrementar por la adición de fertilizantes. Cuanto mejor es la calidad del agua de riego, mayor será la proporción de incremento de la CE que se pueda y deba realizar con los nutrientes añadidos (**cuadro III**). El límite se podría establecer entre 1,7 y 2,2 dS m⁻¹ de aumento por los fertilizantes cuando la conductividad del agua de riego es inferior a 0,5 dS m⁻¹, dando una CE de la disolución nutritiva final entre 1,7 y 2,2 dS m⁻¹. En el extremo opuesto, en aguas de muy mala calidad con CE por encima de 3,5 dS m⁻¹ se debería bajar la proporción de CE debida a los nutrientes que se han de añadir, a lo sumo que supusiese entre 0,5 y 0,75 décimas más en la CE final de la disolución nutritiva, resultando ésta en el mejor de los casos de unos 3,5 dS m⁻¹ (Salas y Urrestarazu, 2004). Evidentemente, esta última situación no es la más deseable, pero debemos asumir la limitación del desarrollo del cultivo por la salinización del medio o por la falta de nutrientes.

Trabajos como los de Kläring (1998), llevan a cabo variaciones en la CE del fertirriego en función de la radiación incidente, variándola entre 2,5, 2,2 y 1,9 dS m⁻¹, según clasificaran al día en nublado, parcialmente nublado y soleado, respectivamente, constatando una mayor eficiencia en la absorción de elementos minerales con respecto al consumo de agua (van Noordwijk, 1990).

Existen evidencias de que la producción de los cultivos, tanto en suelo como en sin suelo, se mejora si la disolución nutritiva próxima en la rizosfera tiene una CE alta cuando la radiación solar es baja, y la CE es baja cuando la radiación solar es alta (Sonneveld y Voogt, 1981). Newton y Sahraoui (1996) realizaron un manejo sencillo de la CE en función del momento del día, incrementando la CE de la disolución nutritiva durante la

CUADRO I. DISOLUCIONES NUTRITIVAS UTILIZADAS O RECOMENDADAS PARA DIVERSOS CULTIVOS HORTÍCOLAS

Fuente	mmol l ⁻¹							Cultivo y sistema
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻ / HPO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	
Cóic-Lesaint (1983)	12,0	-/1,65	0,75	2,0	3,1	0,75	5,2	Tomate
Sonneveld (1980)	10,5	1,50/-	2,5	0,5	3,75	1,0	7,0	Tomate, lana de roca
Cadahia (1995)	7,5	2/-	3,5	-	4,5	1,5	7	Tomate
Segura y Cadahia (2000)	15	2/-	2,5	-	5	1,5	9	Tomate y pimiento
García y Urrestarazu (1999)	12,5	2,00/-	1,75	-	5,0	1,80	5,0	Tomate, perlita
Vega y Raya (2000)	14	1,8/-	-	-	4,5	2	8,25	Berenjena lana de roca
Sonneveld y Straver (1994)	15,5	1,25/-	1,75	1,25	4,75	1,5	6,5	Pimiento, lana de roca
Escobar (1993)	13,5	1,5 /-	1,35	-	4,50	1,5	5,5	Pimiento, perlita
Vega y Raya (2000)	10-14	1,5-1,8	-	-	4-4,5	1,5-2	4-4,5	Pimiento, lana de roca
Delgado (1999)	14	1,7/-	2,0	0-0,5	5	2,5	6,5	Pimiento
Vega y Raya (2000)	10-14	1,5-1,8/-	-	-	4-5	2	7-8	Melón, lana de roca
Vega y Raya (2000)	12	1,8/-	-	-	4-5	2	7-8	Sandía, lana de roca
Sonneveld y Straver (1994)	16,0	1,25/-	1,375	1,25	4,00	1,375	8,0	Pepino, lana de roca
Vega y Raya (2000)	12-14	1,5-1,8/-	-	-	4-4,5	1,5-1,8	6-7	Pepino, lana de roca
García y Martínez (1993)	14	1,82/-	-	-	4,3	2	6	Pepino
Vega y Raya (2000)	10	1,8/-	-	-	4,8	2,5	8,2	Calabacín, lana de roca
Sonneveld y Straver (1994)	12,0	1,25/-	1,125	1,0	3,25	1,25	5,5	Judía, lana de roca
García y Urrestarazu (1999)	13,5	1,75/-	1,65	-	3,25	1,75	6,0	Judía, perlita

noche y en las primeras y últimas horas del día, y disminuyendo la CE durante las horas centrales del día (períodos de mayor radiación solar). Smith (1987) usa durante el período de elevada radiación (9:00 a 17:00 h) una disolución con CE de 2,5 dS m⁻¹ y durante

el resto del día de 3,5; los cultivos ensayados fueron tomate, pepino y lechuga. Si disponemos de un radiómetro asociado al sistema de fertirriego, se pueden realizar modificaciones en tiempo real de la CE del fertirriego en función de la radiación recibida por el cultivo. Los trabajos realizados por Salas y Urrestarazu (2001) disminuyen la CE programada de base hasta en un 10% si se superan 600 W m⁻² en el exterior del invernadero. Concluyeron sin apreciarse consecuencias en la producción, aunque mejoraron considerablemente la absorción de nutriente y disminuyeron hasta en un 50% las emisiones de nitratos y fosfatos al medio ambiente. Estas modificaciones en la CE permiten mantener condiciones más estables de salinidad en los drenajes y, consecuentemente, en el interior del sustrato, mejorando la eficiencia en la asimilación de elementos nutritivos.



Foto 2. CE y pH como controles básicos del fertirriego.

CUADRO II. NIVELES DE REFERENCIA DE PH Y CE (DS M-1) PARA DIVERSOS CULTIVOS HORTÍCOLAS EN LANA DE ROCA (VEGA Y RAYA, 2000)

	Pimiento	Tomate	Pepino largo	Judía	Calabacín	Melón	Sandía	Berenjena
pH	5,5	5,8	5,5	5,8	5,8	5,5	5,8	5,5
CE	1-1,8	1,8-3,6	1,6-3	1,5-2,8	1,8-2,8	1,8-2,8	1,9-2,4	1,6-3,2

CUADRO III. NIVELES DE REFERENCIA RECOMENDADOS A APORTAR POR LOS FERTILIZANTES A LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (DS M-1) DE LA DISOLUCIÓN DE FERTIRRIGACIÓN FINAL EN FUNCIÓN DE LA DE PARTIDA DEL AGUA DE RIEGO DISPONIBLE (SALAS Y URRESTARAZU, 2004)

Agua de riego	0,0-0,5	0,5-1,0	1,0-2,5	2,5-3,5	>3,5 (uso no recomendado)
Disolución de fertirrigación	1,7-2,2	2,0-2,5	2,2-2,8	2,8-3,8	4,2-4,5

Efectos de la variación del pH

Otra característica a considerar cuando se prepara una disolución nutritiva es el pH del agua, empleada así como el que posee la disolución nutritiva final que aplicamos con el fertirriego. El crecimiento y desarrollo de las plantas se ven reducidos en condiciones de acidez o alcalinidad extremas. El pH ejerce sus efectos principales sobre la asimilación de los nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica. Bajo condiciones de cultivo intensivo, se recomienda

CUADRO IV. FERTILIZANTES MÁS EMPLEADOS EN FERTIRRIGACIÓN EN CULTIVO SIN SUELO

Elemento	Forma iónica	Formulación	Fertilizante	Pm	v	Mmol.g-1 R (%)	producto	R comercial (%)
N	NH ₄ ⁺	NH ₄ NO ₃	Amonio nitrato	80	1	14	24,3	14
		NH ₄ H ₂ PO ₄	Amonio di-hidrógeno fosfato	115	1	12	8,6	12
	NO ₃ ⁻	HNO ₃	Ácido nítrico (37%)	63	1	8,3	5,9	8,3
			Ácido nítrico (59%)	63	1	13,1	9,4	13,1
		Ca (NO ₃) ₂ H ₂ O	Calcio nitrato 1-Hidrato	186	2	15,5	11,1	15,5
		KNO ₃	Potasio nitrato	101	1	13	9,3	15,5
P	Mg(NO ₃) ₂ 6H ₂ O			256	2	11	7,8	14
		H ₃ PO ₄	Ácido fosfórico (75%)	98	1	23	7,4	52,6
		Ácido fosfórico (37%)	98	1	11,5	3,8	26,5	
	KH ₂ PO ₄	Potasio di-hidrógeno fosfato	136	1	23	7,4	52,6	
NH ₄ H ₂ PO ₄		Amonio di-hidrógeno fosfato	115	1	27	8,7	61,7	
K	K ⁺	KNO ₃	Potasio nitrato	101	1	38,2	9,2	45,9
		KH ₂ PO ₄	Potasio di-hidrógeno fosfato	136	1	28	7,2	33,7
		K ₂ SO ₄	Potasio sulfato	174	2	41,5	10,6	50
Ca	Ca ²⁺	Ca (NO ₃) ₂ H ₂ O	Calcio nitrato 1-hidrato	186	2	19	4,8	26,6
Mg	Mg ²⁺	MgSO ₄ 7H ₂ O	Magnesio sulfato 7-hidrato	246	2	10	4,2	16,6
		Mg (NO ₃) ₂ 6H ₂ O	Magnesio nitrato 6-hidrato	256	2	8	3,8	15
S	SO ₄ ²⁻	K ₂ SO ₄	Potasio sulfato	174	2	18	5,3	18
		MgSO ₄ 7H ₂ O	Magnesio sulfato 7-hidrato	256	2	13	3,8	13

Pm = peso molecular, R = riqueza del elemento, v: valencia.

mantener el pH del sustrato dentro de un intervalo que varía entre 5,5 y 6,8 (**cuadro II**); para lograrlo, como término medio la disolución de riego debe estar entre 5,0 y 6,0.

Fuente de nutrientes

Son numerosos los fertilizantes disponibles en el mercado que nos permiten diseñar la solución nutritiva deseada (**cuadro IV**). La elección de un fertilizante normalmente depende de la disponibilidad en el mercado y de su precio. Una mala elección del fertilizante en cultivo sin suelo puede ocasionar serios problemas.

La interacción entre nutrientes tiene efectos diferenciados en el cultivo y es importante conocerlos para el correcto manejo de la solución nutritiva. Las formas de aplicación del N afectan a la absorción de otros nutrientes; en ensayos realizados se encontraron mayores concentraciones en Ca, K, Mg y Na en plantas que recibían el nitrógeno en forma de N-NO₃⁻ (Kurvits y Kirkby, 1980). A su vez, elegir NH₄-N como fuente de nitrógeno promovida por sus efectos beneficiosos para el cultivo y disminuir el pH de la disolución puede reducir la absorción de calcio (Adams, 2004). Igualmente si se utiliza continuamente ácido fosfórico para regular el pH de la disolución de fertirrigación, ya que reduce la disponibilidad del calcio y otros micronutrientes provocado por las elevadas concentraciones de P (Adams, 2004). Niveles altos de P también reducen la absorción de Mn en plantas de tomate (Davies, 1957), y los contenidos de B (Adams, 1986) y Zn de las hojas (Burlison et al., 1961).

Si el pH disminuye por aplicación de N-NH₄⁺, la absorción de K puede ser inhibida de forma creciente (Findenegg, 1987). Si las concentraciones de K, N y Ca aumentan, las deficiencias en Mg se incrementan, y pueden afectar al rendimiento; esto es más severo cuando se aumentan las concentraciones de N y K (Adatia y Winsor, 1971; Adams et al., 1992).

Mantener el equilibrio nutricional

Para conocer si el programa de fertirrigación es correcto, es normal comparar la disolución nutritiva de riego con la del sustrato y/o los drenajes, pudiendo complementar la información con el análisis de los tejidos vegetales y con la observación del

aspecto de las plantas.

El aporte de agua, además de satisfacer la demanda de las plantas, debe ser suficiente para evitar la acumulación de sales en el sustrato, drenando más o menos. Las cantidades mínimas a drenar dependerán, por tanto, de la calidad del agua y de la cantidad y tipo de fertilizantes utilizados, e incluso de la fase de producción en la que se encuentre el cultivo.

Control de la CE y pH

Como medidas rápidas y sencillas para comparar las características del fertirriego y los drenajes disponemos de la CE y pH.

La CE de la disolución nutritiva es una medida de la concentración total de sales disueltas. Es una medida sencilla, pero no proporciona información de la concentración de cada nutriente individual. Sin embargo, es útil para el seguimiento del estado de la solución nutritiva. El

seguimiento de los nutrientes en la zona de las raíces es muy importante en cultivo sin suelo, especialmente en aquellos sistemas que utilizan sustratos inertes. Los nutrientes se restauran en el medio de cultivo a través del riego. La concentración aplicada con el riego es usualmente más baja que la existente en el medio radical.

Prácticamente se debería trabajar estableciendo un valor límite para la conductividad eléctrica (CE) del drenaje (la diferencia entre CE del drenaje y CE del riego no debería superar la unidad), superado el cual, sería preciso aumentar la cantidad de agua aportada (Kläring, 1998).

El control exclusivo de la CE no aporta información relativa a la composición individual de iones y puede provocar con el tiempo un desequilibrio mineral. Esto exige que se practiquen análisis frecuentes (aproximadamente cada dos semanas) de la disolución nutritiva y drenaje que permitan corregir a posteriori el desequilibrio observado. El desarrollo futuro de electrodos selectivos útiles en condiciones de campo para los iones de NO₃⁻, Ca²⁺, K⁺, Na⁺ y Cl⁻ permitirán un seguimiento en tiempo real y más ajustado del equilibrio mineral de la disolución nutritiva.

Los niveles de sales deberían evaluarse diariamente en una selección al azar de las unidades de cultivo, midiendo la CE de una muestra de solución de estas unidades de cultivo extraída con una jeringa o de los drenajes. Los valores deben estar cercanos a los de la solución nutritiva, una CE de 2,3 a 2,5 dS m⁻¹ es un ejemplo de valores aceptables (Resh, 1997).

Variaciones de la CE en la zona radical

La conductividad puede cambiar con el estado fisiológico de la planta y con las condiciones ambientales. La CE de la solución de saturación de los cuadros se establece en 2,5-3,0 dS m⁻¹ y se puede tolerar, según época y tipo de cultivo, que suba hasta 4,0 o 5,0 dS m⁻¹ (Terry, 1997; Segura et al., 1998). Si los niveles de CE medidos son significativamente mayores, o los niveles de pH no son los óptimos, los cuadros tendrán que ser fertirrigados con más frecuencia o con riegos más largos.

Hay varias razones que explican por qué son diferentes las composiciones de la CE de la disolución nutritiva del riego y del sustrato. Normalmente, en el sustrato hay una CE de 0,5 a 1,0 dS m⁻¹ más alta que en la disolución nutritiva aportada debido



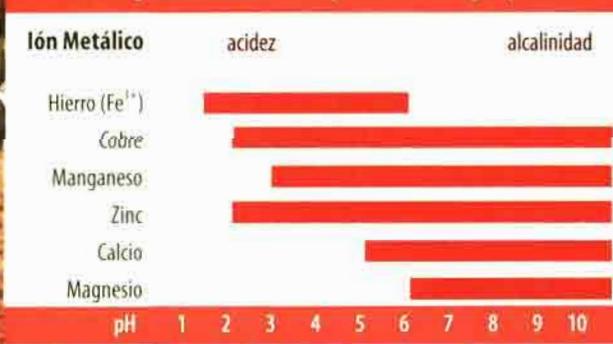
WELGRO[®]

HIDROPONIC

Rango de actividad de los quelatos de hierro (Fe²⁺) según pH



Rango de actividad de los quelatos EDTA según pH



Micronutrientes

100% quelatados

Solución de microelementos
para cultivos Hidropónicos y
Fertirrigación

AKZO NOBEL





Foto 3. Detalle de un sistema de fertirriego sencillo con dos tanques para soluciones madres a concentraciones fijas y un tercero para el ácido, con venturis e inyección directa a la red.

a la absorción selectiva de iones por la planta, a las variaciones de ritmos de absorción y de transpiración asociadas al clima, a la fase de crecimiento y desarrollo y a criterios de manejo del riego. Se considera entonces, por ejemplo, que para conseguir una CE en la rizosfera de entre 2,5 y 3,0 dS m⁻¹ en el caso del tomate, la disolución de riego debe ser de 1,7 a 2,2 dS m⁻¹ (Smith, 1987).

Las condiciones climáticas influyen sobre las variaciones en el equilibrio de la solución de riego. En épocas de intensa radiación la solución del sustrato suele aumentar su CE con facilidad y será necesario contrarrestarlo aumentando el número de riegos o reduciendo la CE de la disolución, lo que, por un lado, facilitará la absorción radical y, por otro, evitará mayores concentraciones salinas del sustrato. Por el contrario, en épocas frías, el drenaje o el extracto del sustrato tienden a disminuir su CE, por lo tanto, será conveniente aumentar la concentración de la disolución de riego.

Durante el ciclo de cultivo se pueden presentar tres situaciones bien distintas si se suministra una disolución nutritiva con una concentración inicial conocida; pasado un tiempo, la planta ha consumido agua y elementos nutritivos y puede suceder que la planta consuma proporcionalmente más agua que sales, en cuyo caso las sales se acumulan en el agua de drenaje y en el medio haciendo que en ellos la CE sea mayor que la inicial o de riego. Por el contrario, la planta puede consumir más sales que agua, en cuyo caso la planta empobrece el medio en sales haciendo que CE sea menor que la suministrada con el fertirriego; por ejemplo, puede ocurrir en la etapa de polinización y cuaje de los frutos, en la cual el consumo de nutrientes es muy elevado (Sheen y Hsu, 1996). En ocasiones se puede producir un descenso de la CE en el drenaje promovido por períodos en los que el consumo de sales es muy elevado y normalmente cuando el agua utilizada para preparar la disolución nutritiva es de muy buena calidad. Y, por último, que la planta consuma proporcionalmente igual cantidad de sales que de agua, en cuyo caso la CE del drenaje será igual a la del fertirriego. Aunque existen estas tres posibilidades puntuales

a lo largo del cultivo, hay que hacer notar que en nuestros cultivos de regiones áridas o semiáridas en general la CE de los drenajes es superior a las de las disoluciones de fertirriego usadas en condiciones de campo.

Variaciones en el pH de la zona radical

La segunda medida importante para un buen manejo de la fertirriego es el pH de la solución nutritiva y de los drenajes. El pH del sustrato o de la disolución nutritiva afecta a la disponibilidad de nutrientes que es máxima dentro del intervalo comprendido entre 5,0 y 6,5. Su control es fundamental para optimizar la nutrición de las plantas. Durante el cultivo, es usual que el pH aumente lentamente en sustratos orgánicos, sin embargo, en sustratos inertes esta variación puede observarse en cada uno de los riegos.

Las razones por las que el pH suele aumentar en la zona radical son varias. La primera es que la mayoría de las aguas son alcalinas (pH igual o mayor de 7), promovido por la liberación continua de iones bicarbonato que se intercambian por otros iones (principalmente NO₃⁺) cuando se absorben por las raíces.

El control del pH en la disolución de nutrientes en el medio radical se realiza generalmente para neutralizar la disolución con el uso de ácido nítrico o fosfórico. Otra manera de controlar el pH es por medio de la inclusión de NH₄⁺-N en la disolución nutritiva, aunque la cantidad que se puede aportar de N en esta forma varía entre el 5 y 10% para evitar una reducción en la absorción de Ca (Adams, 2004). Los fosfatos son menos solubles al aumento del pH, principalmente en el rango de 6-7 (Adams, 2004). Cinco micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn y Zn) están menos disponibles a pH altos, sin embargo, otros como el Mo es menos disponible a pH bajos (5,5) (Adams, 2004).

De ahí la importancia de realizar controles periódicos de la disolución nutritiva, el extracto del sustrato y el drenaje con la finalidad de corregir desviaciones que pudieran producirse. El pH básico inicial de algunos sustratos minerales e inertes (perlita, lana de roca) puede ser neutralizado por la disolución nutritiva, ya que su poder tampón es prácticamente nulo, sólo aparece en la puesta en cultivo del sustrato.

Es frecuente que se produzcan subidas (alcalinización) del pH



Foto 4. Automata de fertirriego.

del drenaje durante la mayor parte del ciclo de cultivo, coincidiendo con los períodos de mayor absorción del $N-NO_3^-$ (Cadahía et al., 1998). Por el contrario, en períodos de floración y fructificación es frecuente la acidificación del drenaje provocado por la absorción selectiva de iones por parte de la planta, preferentemente cationes (Sheen y Hsu, 1996), y en especial K^+ . Durante el desarrollo y maduración de los frutos de cultivos como el melón se han llegado a registrar importantes descensos del pH, que, de no ser contrarrestados o corregidos, pueden causar daños considerables. Este fenómeno es bien conocido y considerado en el sudeste español, donde es incluido como rutina en el manejo de la fertirrigación; también, aunque con menor intensidad, se ha descrito para otros cultivos hortícolas (García et al., 1998).

También las variaciones del pH pueden deberse a la manera en que se suministra el nitrógeno (fertilización nitrogenada), ya que la forma nítrica tiende a alcalinizar el medio, en tanto que la forma amónica tiende a acidificarlo (Smith, 1987). También, las raíces producen ácidos orgánicos (Sheen y Hsu, 1996) induciendo una acidificación del medio y la liberación de CO_2 de la respiración radical que contribuye a elevar el pH.

Preparación de la solución nutritiva

Son varias las formas mediante las que podemos conseguir en el gotero la solución nutritiva deseada. Entre ellas destacan la solución preparada directamente a la concentración final o preparada a partir de una solución concentrada, siendo en este caso necesaria la disolución previa a la aplicación.

En el caso de prepararla directamente a la concentración final de aplicación (diluida), se utilizarán depósitos de capacidad suficiente para las necesidades de riego de la parcela. El equipo es más sencillo y se puede prescindir de sistemas de fertirriego complejos.

Si se decide elegir preparar previamente soluciones concentradas (soluciones madres), se puede actuar de dos maneras diferentes según el grado de complejidad que tengamos disponible en el sistema de fertirriego. La más sencilla es preparar todas las soluciones madres a la misma concentración. En este caso se prepara la solución nutritiva tantas veces concentrada para ser diluida previo a su aplicación diluida esas mismas veces. Todos los fertilizantes se concentran las mismas veces, normalmente 100 ó 200 veces (concentración fija), para posteriormente ser diluidos las mismas veces que fueron concentrados. La concentración máxima vendrá determinada por el fertilizante menos soluble. Para este sistema son necesarios como mínimo dos depósitos para separar el calcio de los fosfatos y sulfatos y un tercero para el ácido necesario para la corrección del pH de la solución nutritiva (foto 3).

La otra posibilidad es que los fertilizantes se concentran en tanques independientes y cada uno a la concentración máxima que le permita su solubilidad, y posteriormente se inyectarán a proporciones variables para conseguir el equilibrio deseado en la solución final cada vez que se realice el riego. En este método son necesarios como mínimo cuatro depósitos y hasta un máximo de seis o siete (foto 4). Esta forma nos permite más flexibilidad a la hora de cambiar el equilibrio nutritivo aplicado.

Cuando para preparar la solución nutritiva se utilizan soluciones concentradas, es necesario disolverlas y esto se puede conseguir de varias formas, preparando una solución previa a la concentración final de aplicación o inyectando los fertilizantes a la red de riego.

Mediante la inyección directa de los fertilizantes a un tanque mezclador, se inyectan en este depósito pequeño y abierto los fertilizantes provenientes de los tanques de solución concentrada y el agua de riego. Su capacidad oscila entre 100 y 300 litros y en él se realiza una mezcla homogénea donde se controlan y ajustan la CE y pH que pretendemos en la solución final de riego.

Otra forma de utilizar las soluciones concentradas es por inyección directa de los fertilizantes a la red de riego. En este método los fertilizantes son inyectados directamente a la tubería de distribución del riego. Se necesita más tiempo para realizar la medición para ajustar la CE y pH, lo que supone que sea menos preciso que en el caso anterior. También requiere de sistemas de agitación en los tanques donde están los fertilizantes concentrados, y debe pasar un tiempo entre la agitación y la inyección para evitar la presencia de partículas insolubles que puedan estar en el depósito.

Cuando se utilizan fertilizantes concentrados, se necesitan elementos para inyectarlos a la red y diluirlos hasta la concentración final deseada. La capacidad de inyección es proporcional a la relación de concentración de los fertilizantes preparada y al caudal instantáneo del sector de riego. De esta manera otro limitante de la concentración en los tanques de fertilizantes dependerá de la capacidad de inyección de los inyectoros y del caudal instantáneo del sector de riego. Si el inyector tiene una capacidad de inyectar 200 l h^{-1} y el caudal del sector de riego es 30000 l h^{-1} , se podrán concentrar los fertilizantes hasta 150 veces para conseguir disolverlos hasta la concentración final. ■

- ✓ MAYOR ESTIMULO PARA SUS PLANTAS.
- ✓ MAYOR RENTABILIDAD PARA SU CULTIVO.

ABONOS

NOVEDOSOS
EFICACES
SEGUROS

TRY

PROMOCIÓN
CAMPAÑA
2003-2004



Abono LIQUIDO a base del 6% de hierro (Fe) en forma de sal ferrosa del ácido hexahidroxil caprico.

- ✓ Estimula el crecimiento de todo tipo de plantas.
- ✓ Corrige la clorosis y previene las carencias de hierro.



Abono LIQUIDO especial con NPK y AMINOACIDOS biológicamente activos.

- ✓ Fomenta el desarrollo de las raíces y de nuevos brotes.
- ✓ Indicado para cultivos nuevos, decaídos, retrasados, contaminados o parados.



Abono LIQUIDO especial con NK Producto con AMINOACIDOS

- ✓ Aumenta la concentración de azúcares de los frutos.
- ✓ Activa y vigoriza la planta y sus frutos.



Abono LIQUIDO del hexahidroxil caprato de magnesio, manganeso y zinc (5:5:5).

- ✓ Corrige y previene las carencias de magnesio, manganeso o zinc de la planta.