1

FERTILIZANTES PARA FERTIRRIGACIÓN. CRITERIOS DE CALIDAD

Prof. Juan José Lucena Marotta
Sección de Química Agrícola
Universidad Autónoma de Madrid

1.1 Fertirrigación como técnica que permite un uso racional de fertilizantes

El sistema de fertirrigación, al permitir un uso combinado del riego localizado y de la fertilización, presenta numerosas ventajas frente a los sistemas de riego y fertilización tradicionales como son:

- Ahorro de agua
- Posibilidad de uso de aguas de baja calidad
- Control de la contaminación
- Automatización de la fertilización
- Dosificación racional de fertilizantes
  - Nutrición optimizada de los cultivos → Mayores rendimientos y calidad
  - Mayor eficacia y rentabilidad de los fertilizantes
  - Diseño de fertilización en función de cultivo, sustrato, agua de riego, época
  - Ahorro de fertilizantes

Sin embargo, como todo sistema tecnificado presenta también algunos inconvenientes que merece reseñar como son:

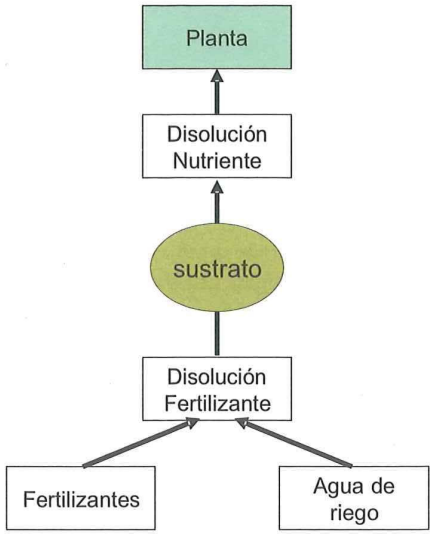
- Coste estructural (que puede ser rápidamente amortizado)
- Especialización

La fertirrigación es una herramienta de CONTROL, luego su éxito reside en la bondad de ese control. Si se realiza adecuadamente los beneficios serán indudables. Si por el contrario no se ejerce el control adecuado puede haber un fracaso en el cultivo. El riesgo es tanto mayor

cuanto más dependiente sea el cultivo de nuestro control. Así, la hidroponía pura es el sistema que es más dependiente de un control correcto de la nutrición, mientras que en cultivo con sustratos o suelos existen más limitaciones, pero también más margen para reducir impactos negativos.

1.2 Diseño de disoluciones fertilizantes

La planta se va a nutrir de la disolución existente en el sustrato y que denominaremos disolución nutriente. Esta disolución nutriente es consecuencia de la reacción entre la disolución nutritiva o fertilizante (la que nosotros preparamos) y el sustrato, aunque también influye el efecto de concentración provocado por la evapotranspiración y por la lixiviación. El diseño de las disoluciones nutritivas o fertilizantes se realizará en función de la consideración de las limitaciones intrínsecas, propias de la química de las disoluciones, y extrínsecas, dependientes de la técnica de cultivo.



- *Restricciones intrínsecas*

En el diseño de una disolución nutritiva hay que tener en cuenta los factores propios de las disoluciones:

- Debe ser completa (todos los nutrientes): La nutrición de las plantas es consecuencia del aporte y equilibrio de TODOS los nutrientes. De ser alguno limitante el aporte de otros nutrientes no va a ser efectivo. Por tanto se debe estudiar la composición no sólo de macros sino también de micronutrientes. Además en fertirrigación este principio es mucho más importante que en cultivos tradicionales, ya que las plantas, a través de la disolución nutriente, son más dependientes del aporte de fertilizantes en la disolución nutritiva. Por ejemplo, mientras que la fertilización tradicional no se presta atención a la aplicación de S, en las disoluciones nutritivas hay que considerar su correcta incorporación.

- Debe tener un pH adecuado y concreto, que dependerá del tipo de cultivo y sustrato, pero que lograremos con la incorporación adecuada de los fertilizantes considerando la composición del agua de riego.
- Su diseño debe respetar la electroneutralidad: Igual número de cargas de cationes que de aniones (moles de carga= equivalentes). Esta restricción es primordial ya que a partir del conocimiento de las necesidades nutritivas individuales se ha de tener en cuenta este equilibrio de cargas y la necesidad de aplicación de sales (y no elementos) que esto implica.

- *Restricciones extrínsecas*

Igualmente en el diseño de las disoluciones nutritivas hay que considerar factores propios del sistema de cultivo como son:

- Aporte de iones en el agua de riego: va a condicionar la composición de las disoluciones de riego, ya que incorporan nutrientes (que hay que conocer y considerar) y no nutrientes. Suele requerir de correcciones en cuanto a su poder tampón (bicarbonato) y desequilibrios nutricionales (Na^+, Ca^{2+}, Cl^-, Mg^{2+}). Para evitar el efecto tampón del bicarbonato se emplearán ácidos, pero como un exceso de estos sería negativo deben añadirse en concentraciones tales que al final quede sin neutralizarse 0,5 $mmol_c\ L^{-1}$. La salinidad del agua de riego puede ser limitante, restringiendo el cultivo a desarrollar, pero en parte se puede paliar equilibrando las relaciones NO_3^-/ Cl^- y (Ca^{2+}+Mg^{2+})/ Na^+. Se debe prever también el aporte de nitratos procedentes del agua de riego, para no incluirlos en exceso en nuestra disolución.
- Interacción con el suelo o sustrato: idealmente un sustrato no debe interaccionar con los nutrientes, pero esto no es así, luego la reacción entre disolución y sustrato debe preveerse. En general los suelos van a interaccionar más que los sustratos, por lo que es necesario conocer las propiedades químicas de ese suelo mediante un análisis adecuado del suelo. El suelo aportará o retendrá nutrientes, pero además será el responsable del pH final de la disolución nutriente, fijación de P y micronutrientes, etc.
- Especie vegetal y momento fenológico: distintas especies vegetales tienen distintas necesidades nutritivas, que implican un diseño diferente entre especies o incluso variedades, pero también hay que señalar que una misma planta tiene necesidades diferentes dependiendo del momento fenológico, por lo que una disolución nutritiva debe ser cambiante con el tiempo.

Para el diseño de la disolución nutritiva o fertilizante es aconsejable partir de las necesidades nutritivas del cultivo, obtenidas en condiciones sin más limitaciones que la genética (hidroponía y condiciones controladas). Esta disolución nutritiva óptima debe incluir los criterios de ser completa, pH adecuado y de electroneutralidad. Como segundo paso se modificará en función del agua de riego (aportes y equilibrios) y la interacción con el sustrato. Una vez diseñada se debe tener en cuenta las sales disponibles y las incompatibilidades entre ellas.

1.3 Fertilizantes para disoluciones nutritivas

En primer lugar la característica lógica y esencial de los fertilizantes usados en fertirrigación es que sean completamente solubles en agua, sin que quede ningún tipo de residuo, con el fin de obtener los nutrientes en disolución y evitar obturaciones. Deben, por tanto, ser fertilizantes solubles (incluidos cristalinos solubles) o líquidos, de manera que no haya posibilidad de obturación de goteros.

Los fertilizantes sólidos para fertirrigación deben llevar especificado en sus etiquetas las denominaciones de "cristalino soluble" o "soluble para fertirrigación" y especificar que no deja residuos. No serían por tanto válidos otros fertilizantes sólidos que contengan aditivos, inertes, etc. Además deben ser sales de solubilidad muy elevada, ya que normalmente se prepararán en disolución concentrada para ser posteriormente diluido en su incorporación al agua de riego. El principal inconveniente del empleo de fertilizantes sólidos es la necesidad de una solubilización previa en el agua de riego. Esta solubilización debe ser rápida y completa. Hay que tener en cuenta que el proceso de solubilización de las sales de macronutrientes es por lo general endotérmico y que produce un enfriamiento elevado de las disoluciones concentradas. Como la solubilidad de las sales es dependiente de la temperatura las tablas clásicas de solubilidad no son demasiado útiles. Así por ejemplo el nitrato amónico del 33.5 es soluble en 1700 g/L a 20° C, pero su solubilización puede provocar bajadas hasta 4° C donde se puede solubilizar una cantidad inferior.

El proceso de solubilización puede ser también dificultado por las características físicas del fertilizante. Así, por ejemplo, los quelatos en polvo forman a veces grumos a la hora de disolverse, y cuando se presentan en gránulos o microgránulos se solubilizan de una manera más rápida y sin la formación de grumos.

La legislación sobre productos fertilizantes (Reglamento CE 2003/2003) no hace referencia específica a sólidos que se puedan utilizar en fertirrigación. Sin embargo dentro de los sólidos que pueden ser utilizados encontramos los *simples cristalinos* y *complejos*. Entre ellos estarían los recogidos en la tabla siguiente, conteniendo macronutrientes:

Fertilizante sólido	Riqueza típica % N-P_2O_5-K_2O-otros	Solubilidad a 20° C (g/L)
Nitrato cálcico $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	15,5-0-0-26,6(CaO)*	1200
Nitrato amónico NH_4NO_3	33,5-0-0	1700
Sulfato amónico $(NH_4)_2 SO_4$	21-0-0-55(SO_3)*	500
Urea $(NH_2)_2CO$	46-0-0	500
Nitrato potásico KNO_3	13-0-46	100-150
Sulfato potásico $K_2 SO_4$	0-0-50-45(SO_3)*, **	110
Fosfato monopotásico*** KH_2PO_4	0-52-33	200
Fosfato monoamónico*** $NH_4H_2PO_4$	12-60-0	200
Sulfato magnésico $Mg SO_4 \cdot 7H_2O$	0-0-0-28(SO_3)-15(MgO)	700
Fosfato de Urea $(NH_3)_2CO$-HPO_4	17-44-0	150
Nitrato magnésico $Mg (NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	11-0-0-15(MgO)	500

* Contenido no exigible
** Contenido de cloruro inferior a 3%
*** Recogidos en la legislación como abonos PK o NP

Aunque la declaración del contenido de Ca y S no esté exigida en algunos casos, a la hora de preparar la disolución nutritiva hay que considerarlos. Igualmente es muy importante conocer la proporción entre nitrógeno nítrico, amoniacal o uréico. La gran mayoría de los cultivos prefieren una nutrición nitrogenada basada primordialmente en nitrato, aunque con pequeñas proporciones de amonio. En Fertirrigación se puede controlar esta proporción, pero dado que la oxidación de amonio a nitrato suele ser rápida si se quiere controlar perfectamente es necesario incluir inhibidores de la nitrificación como el DMPP. El uso de urea no está bien justificado. Si bien en cultivos tradicionales es efectiva para reducir las pérdidas iniciales de nitrato por lixiviación, en una fertirrigación bien diseñada no sería recomendado su uso, ya que ésta tiene que descomponerse a amonio y posteriormente oxidarse a nitrato para poder ser utilizada por la planta. En otras palabras reduce el control que podemos ejercer sobre nuestro cultivo, y sobretodo la sincronización entre el aporte y la toma por la planta.

1.4 Fertilizantes líquidos

La alternativa más adecuada a la aplicación de fertilizantes sólidos es el uso de fertilizantes líquidos. Si bien inicialmente puede parecer un contrasentido el usar este tipo de fertilizantes cuando los fertilizantes sólidos pueden ser un poco más baratos, su uso está plenamente justificado, dado que evita el procedimiento engorroso de solubilización. Además los fertilizantes líquidos aseguran la ausencia absoluta de cualquier residuo sólido o coloidal que podría llegar a taponar los goteros, permiten una mejor dosificación, homogeneidad y mezcla con el agua de riego, así como evita cambios bruscos de temperatura. Es lógico pensar que en una agricultura cada vez más tecnificada, como es la fertirrigación, se vaya hacia la mayor precisión y comodidad en la fertilización que representan los fertilizantes líquidos.

Sin embargo para maximizar su eficacia y reducir su coste éstos deben de tener el máximo de concentración permisible sin que se produzcan precipitaciones, y debe conocerse adecuadamente su composición completa. Así, no vale con decir que tenemos una disolución, por ejemplo 20-0-0, sino que se requiere saber en qué formas químicas se encuentra el elemento nutritivo (en este caso nitrato, amonio o urea) y quienes son los elementos acompañantes. ¿Es una disolución de NH_4NO_3, HNO_3 o $Ca(NO_3)_2$? En el primer caso ¿cómo influirá la cantidad relativa de nitrato y amonio?. El ácido nítrico va a modificar el pH y el poder tampón del agua de riego, mientras que la disolución de nitrato cálcico incluye Ca que también es un elemento cuya adición debemos conocer y controlar.

Una preocupación común es la presencia de cloruro o sodio. Si bien la incorporación de cloruro o sodio con los fertilizantes no suele aumentar drásticamente el problema de salinidad (ya que las dosis son inferiores a las incorporadas con las aguas de riego) no debe de ignorarse su presencia y controlarse adecuadamente. De hecho, lo más adecuado es que estén ausentes y así evitar acciones negativas. Esto es fácil de controlar en los fertilizantes solubles usando las materias primas más adecuadas. Así para el K será más adecuado el uso de nitrato o sulfato que el de cloruro. Recordemos que en la agricultura tradicional la aplicación de sulfato no se controla, pero en fertirrigación sí se debe controlar adecuadamente, ya que es el tercer nutriente en necesidades cuantitativas que tienen los cultivos.

La legislación Europea reconoce los fertilizantes líquidos en disolución o en suspensión y en algunos de ellos sí se hace mención expresa a su uso en fertirrigación. Sin embargo en muchos casos se olvida de ciertos productos que recoge la legislación específica española, como en el caso de los ácidos nítrico y fosfórico o la solución potásica. En la tabla siguiente se recogen algunos fertilizantes líquidos:

Fertilizante líquido	Riqueza mínima exigida % N-P_2O_5-K_2O-otros	Observaciones
Ácido nítrico HNO_3	10-0-0	
Ácido Fosfórico H_3PO_4	0-40-0	
Solución de abono nitrogenada N-20	15-0-0 20-0-0	10%NO_3^-, 10%NH_4^+
Solución de nitrato amónico urea N-32	26-0-0 32-0-0	8%NO_3^-, 8%NH_4^+, 16% urea
Solución de nitrato cálcico	8-0-0-13.5(CaO)	
Solución de nitrato magnésico	6-0-0-9(MgO)	
Soluciones potásicas	0-0-10	3% máximo Cl
Líquidos complejos	diversas	
Líquidos complejos a la carta	diversas	Con micronutrientes

En cuanto a los micronutrientes metálicos para asegurar una buena permanencia en disolución hay que añadirlos quelados y teniendo en cuenta ciertas restricciones como es evitar su incorporación a altos pH y las competencias con macronutrientes. Por eso, salvo en los fertilizantes líquidos a la carta se recomienda su uso en aplicación separada. El B se puede adicionar convenientemente tanto como ácido bórico como en forma de borax.

1.5 Resumen

Para el éxito de un sistema de fertirrigación es necesario ejercer un control correcto de todos los factores. En el caso de la nutrición, ésta se puede controlar adecuadamente, y cumpliendo con los requisitos del diseño de las disoluciones nutritivas, mediante el uso de fertilizantes líquidos. La calidad de fertilizantes líquidos es fácilmente contrastable si hay una información exhaustiva de todos los componentes presentes y cumpliendo con los requisitos legales.

Bibliografía

— Cadahía, C. 2000. Fertirrigación: Cultivos Hortícolas y Ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa.

— Reglamento (CE) n. 2003/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a los abonos. D.O.C.E. 21/11/2003, L304/1.