

# Aplicación de la fertirrigación a los cultivos extensivos

Análisis de las ventajas del sistema, equipos, factores a tener en cuenta, etc.

La fertirrigación consiste en aplicar los fertilizantes con el agua de riego. El fertilizante se distribuye en este caso con el sistema de riego, disuelto en el líquido, a la vez que se aporta el agua que necesitan los cultivos.

● **JOSÉ SOLER Y JUAN MANUEL ARROYO.** Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia, Universidad Politécnica de Madrid.

La fertirrigación se asocia generalmente a los riegos localizados de alta frecuencia (goteo, microaspersión...), pero puede hacerse mediante otros sistemas de riego (aspersión, etc.). Las ventajas de este sistema se pueden concretar en:

- La dosificación de los fertilizantes es puntual y se hace de un modo más racional.
- Se pueden utilizar aguas de dudosa calidad para el riego y en suelos de baja

calidad agronómica.

- Se optimiza la nutrición vegetal, que se hace paralelamente a la actividad fotosintética de la planta.
- Aumentos potenciales de los rendimientos y de la calidad de las producciones.
- Mejora del control de las pérdidas de nutrientes al medio y reducción de la contaminación ambiental.
- Aumento de la eficiencia fertilizante,



Cabezal de filtración para riego por goteo en tomate de industria.

tanto técnica como económica.

- Obtención de fertilizantes adaptados a los equilibrios y composiciones necesarios para un determinado cultivo, época de crecimiento, suelo, agua de riego y condiciones agroclimáticas.
- Posibilidad de automatizar el riego y la fertilización.
- Ahorro de mano de obra y aumento de la comodidad del manejo del riego y del abonado.

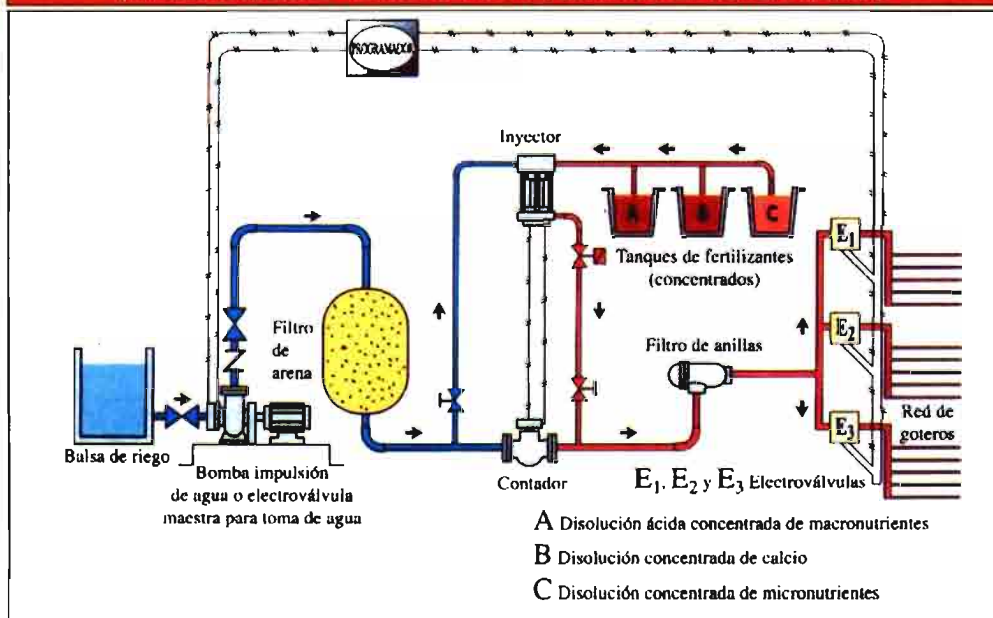
Por otro lado, los posibles inconvenientes que presenta el sistema de fertirrigación son:

- Requiere una inversión inicial importante.
- Posibilidad de producirse obturaciones en los goteros y tuberías, además del mantenimiento de la instalación.
- Requiere una cierta cualificación de los operarios del sistema.
- Utilización de fertilizantes distintos a los convencionales y de mayor precio.

## Equipos utilizados

El equipo de fertirrigación consiste en una serie de elementos de impulsión del agua, filtración, almacenamiento e incorporación de los fertilizantes, regulación y medida de la presión, que pueden estar gobernados por un ordenador o un programador automático de los riegos y la

FIG. 1. ESQUEMA DE UN CABEZAL DE RIEGO Y FERTIRRIGACION EN RIEGO POR GOTEO (IMAGEN DEL LIBRO "FERTIRRIGACION", EDITADO POR MUNDI-PRENSA).



fertilización. Un esquema típico de un cabezal de riego se muestra en la **figura 1**.

La filtración del agua es muy importante para evitar obstrucciones de los goteros y/o de las tuberías, por las partículas que lleva el agua en suspensión (partículas minerales, plásticos, algas,



Cultivo de remolacha azucarera con fertirrigación por aspersión.

| CUADRO I.- DISOLUCIÓN FERTILIZANTE IDEAL PARA EL CULTIVO DE TOMATE (CADAHIA, 1998). |   |                  |                  |                           |
|---|---|------------------|------------------|---------------------------|
| Macroelementos (mM/L)   | K <sup>+</sup>                              | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Total                     |
| NO <sub>3</sub>   | 3   | 4,5              | -                | 7,5                       |
| PO <sub>4</sub> H <sub>2</sub>  | 2   | -                | -                | 2,0                       |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>   | 2   | -                | 1,5              | 3,5                       |
| <b>Total</b>  | <b>7</b>                                    | <b>4,5</b>       | <b>1,5</b>       | <b>13,0</b>               |
| Oligoelementos (mg/L)   | Fe: 2 Mn: 1 Zn: 0,1 Cu: 0,1 B: 0,5 Mo: 0,05 |                  |                  | pH: 5,5-6,0<br>CE: 2 dS/m |

mediante reguladores de presión y a lo largo del cabezal suelen instalarse varios manómetros para medir y evaluar las correspondientes pérdidas de carga. El riego (dosis y frecuencia) y la fertilización (dosis, equilibrios, pH, CE) pueden controlarse automáticamente con equipos electrónicos conectados a distintas partes del sistema, así como la limpieza de la red, registro de la información del

proceso y avisos en situaciones de alarma.

### Factores a tener en cuenta en la fertirrigación

- Suelo: habrá que evaluar su fertilidad y establecer las posibles enmiendas a aplicar. Se estudiará la reacción de la disolución fertilizante con el suelo. Es importante también conocer su curva característica de humedad y su permeabilidad. La capacidad de retención de agua y los valores diarios de la evapotranspiración a lo largo del ciclo de cultivo nos servirán para programar los riegos. La salinidad del extracto de saturación del suelo y del agua de riego nos servirá para calcular las necesidades de lavado del suelo.

- Agua de riego: habrá que evaluar su calidad para el riego (riesgos de salinización, sodificación y toxicidad), su composición al preparar las disoluciones fertilizantes y su interacción con ésta.

- Cultivo: nos dictará la técnica de riego más adecuada, las características de la instalación y la programación del riego, según la evolución del desarrollo vegetativo y del sombreado del suelo, nos marcará los distintos coeficientes de cultivo

a aplicar a la evapotranspiración de referencia a lo largo del ciclo de cultivo. También habrá que tener en cuenta el estado fenológico al formular la fertirrigación, en cuanto a equilibrios fertilizantes y cantidades de elementos a aportar. El diagnóstico de la nutrición vegetal mediante inspecciones visuales y los análisis foliares y de savia nos informarán sobre el estado nutricional del cultivo y posibles carencias o toxicidades.

- Sistema de riego: nos definirá la eficiencia y la uniformidad en la distribución del agua y de los fertilizantes. También influirá en la frecuencia y volúmenes de los riegos.

bacterias...). Los elementos de filtración suelen consistir en:

- Un primer sistema de separación puede consistir en una rejilla cuando el agua contiene elementos que floten.

- Hidrociclones: se basan en la producción de un movimiento giratorio del agua que hace que se sedimenten las partículas de peso específico superior al agua (diámetro superior a 0,1 mm). Suelen ir instalados a la entrada del cabezal.

- Filtros de arena: constan de una estructura metálica que contiene un lecho de arena y grava que retiene las partículas orgánicas y minerales. Normalmente se instalan antes de los dispositivos de inyección de fertilizantes.

- Filtros de malla o de anillas. Los filtros de malla consisten en una red sobre un cartucho en el interior de una carcasa metálica cilíndrica, que retiene partículas sólidas en suspensión. Suelen instalarse después de los inyectores. Generalmente también se utilizan en vez de éstos los filtros compuestos por anillas de plástico ranuradas, unidas y apretadas.

Los fertilizantes se almacenan habitualmente en unos tanques donde se preparan las disoluciones fertilizantes o disoluciones madre. Normalmente se suelen

preparar las disoluciones concentradas de macronutrientes (principales y secundarios excepto el calcio) en medio ácido en un tanque, la disolución de las sales de calcio y la de los oligoelementos en otros tanques. En otro depósito se puede guardar ácido nítrico para los correspondientes lavados y corrección del pH.

La inyección de los fertilizantes se realiza normalmente entre los filtros de arena y de malla, para evitar obstrucciones en la instalación por partículas de fertilizantes sin disolver. Los métodos más usuales de inyección son:

- Inyector venturi: se basa en el efecto del mismo nombre que produce un descenso de la presión que hace que fluya la disolución fertilizante a la red de riego.

- Tanque fertilizante: depósito cerrado que contiene la disolución fertilizante y que está conectado a la red de riego en paralelo.

- Bomba de inyección: impulsa la disolución del tanque a la red.

La presión en la red se puede controlar

**Los factores que influyen en la fertirrigación son: el suelo, el agua de riego, el tipo de cultivo y el sistema de riego usado**

## Programación de la fertirrigación

La programación de la fertilización se basará en el establecimiento de las dosis de nutrientes a aplicar, el momento y modo de aplicación y la cantidad y tipo de fertilizantes a utilizar. Tal y como hemos observado en el epígrafe sobre los factores a considerar, tras el análisis del suelo y en función del cultivo se evaluarán las necesidades de enmiendas orgánicas y minerales del suelo previas al cultivo. Las exportaciones del cultivo y, en algunos casos, el balance entre los aportes del suelo, de las enmiendas y del agua de riego y estas exportaciones, nos definirán el abonado de restitución, que normalmente se fracciona en presembrado y cobertera. La fertirrigación en cobertera admite dos concepciones distintas sobre su programación.

En un primer caso las exportaciones del cultivo, teniendo en cuenta los equilibrios de nutrientes más adecuados en cada fase del ciclo, se restituyen aportando distintas cantidades de fertilizantes repartidas en sucesivos riegos, manteniendo en el agua una salinidad y un pH adecuados. La concentración máxima de fertilizante en el agua de riego viene definida por el máximo incremento admisible de la conductividad eléctrica (CE); siendo normalmente 1 dS/m, para una CE del agua con fertilizantes disueltos de 2-3 dS/m. Además, se suele controlar el



Cultivo de tomate de industria con acolchado y fertirrigación por goteo.

pH del agua, que debe ser preferentemente ácido, para evitar precipitaciones de sales cálcicas y limpiar la instalación.

En una segunda concepción de la fertirrigación se aplican disoluciones fertilizantes ideales para cada cultivo (determinadas previamente en hidroponía), opti-

mizadas para cada situación agroclimática, suelo y agua de riego, aplicándolas a lo largo del ciclo de cultivo a medida que se aportan los riegos, controlando además en la disolución nutriente el pH y la CE (**cuadro I**).

## Fertilizantes a utilizar

En la programación de la fertirrigación hay que determinar el tipo y cantidad de fertilizante a utilizar. Los abonos usados en fertirrigación deben reunir una serie de características, como una elevada solubilidad. Los abonos sólidos deben ser completamente solubles en agua (la legislación marca un mínimo del 99,5% a 15% C a la mayor dosis recomendada para su uso).

También son importantes la incompatibilidad entre iones, la salinidad en disolución y su efecto sobre el pH. Los abonos a utilizar pueden ser simples y complejos, tanto sólidos como líquidos. Las principales características de los abonos más utilizados en fertirrigación se muestran en el **cuadro II**. Los abonos complejos ternarios sólidos más utilizados son: 10-40-10, 12-36-12, 13-3-26, 13-21-28 y 20-5-20; y los ternarios líquidos: 4-8-12, 8-4-12, 6-8-8, 12-4-6 y 8-4-10.

## Fertirrigación de cultivos extensivos

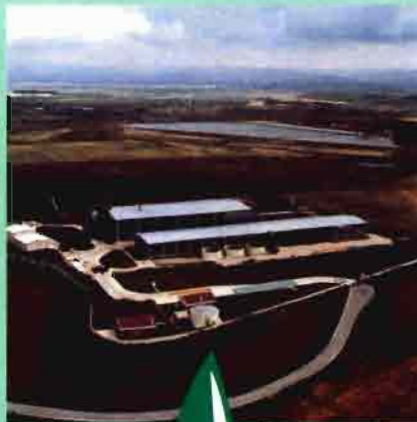
La fertirrigación se extiende actualmente en España a más de 300.000 ha de regadío y no sólo se utiliza en cultivos intensivos, donde comenzó a usarse y tan buenos resultados ha dado, si no que cada vez más se está introduciendo en cultivos extensivos, tanto leñosos (olivo, almendro, vid...) como herbáceos (algodón, tomate de industria, remolacha...). La fertirrigación se está aplicando tanto en sistemas de riego de alta frecuencia y bajo volumen (goteo sobre todo) y de baja frecuencia y mayor volumen de aplicación como el riego por aspersión.

## Fertirrigación del tomate de industria

La superficie cultivada con tomate para industria en España supera las 20.000 ha, con

**CUADRO II.- CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES ABONOS UTILIZADOS EN FERTIRRIGACIÓN.**

| Abono                  | Riqueza (%)        | Solubilidad a 15°C (g/L) | Concentración agua riego (g/L) | Reacción      | CE agua de riego (dS/m) |
|------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------------|---------------|-------------------------|
| Nitrato cálcico        | 15,5-0-0-26,6(CaO) | 1300                     | 0,25-0,5                       | variable      | 1-2                     |
| Nitrato amónico        | 33,5-0-0           | 1500                     | 0,5-1                          | ácida         | 0,80,9                  |
| Urea                   | 46-0-0             | 1300(30%C)               | 1                              | ácida         | <0,1                    |
| Sulfato amónico        | 21-0-0-22(S)       | 700                      | 1-2                            | ácida         | 2-3,5                   |
| Nitrato magnésico      | 11-0-0-9,5 (Mg)    | 500                      | 0,5-2,5                        | ácida         | 0,42,5                  |
| Nitrato potásico       | 13-0-46            | 250                      | 0,5-1                          | neutra-básica | 0,5-1,3                 |
| Fosfato monoamónico    | 12-60-0            | 150                      | 0,5-1                          | ácida         | 0,40,8                  |
| Fosfato urea           | 17-44-0            | 960(20%C)                | 0,25-0,5                       | ácida         | 0,50,8                  |
| Sulfato potásico ácido | 0-0-50-18,5(S)     | 115(20%C)                | 0,25-0,5                       | ácida         | 0,40,8                  |
| Solución N-32          | 32-0-0             | líquido                  | 0,5-1                          | ácida         | 0,80,9                  |
| Solución N-20          | 20-0-0             | líquido                  | 0,5-0,75                       | ácida         | 0,7-1                   |
| Ácido nítrico          | 12,6-0-0           | líquido                  | limpieza 0,5-1%                | pH=2-3        |                         |
| Ácido fosfórico        | 0-40-0             | líquido                  | 0,25-0,5                       | ácida         | 0,5-1,7                 |

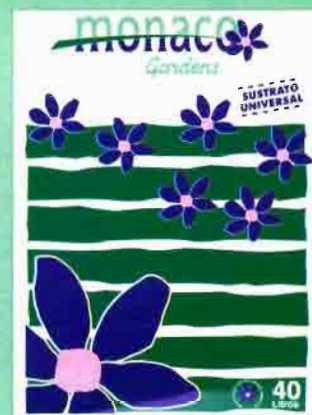


Planta en CARCASTELLO (Navarra)



**ABONLIR**  
FERTILIZANTES ORGANICOS  
Y ORGANOMINERALES

LA  
GAMA  
DE  
FERTILIZANTES  
MAS  
COMPLETA  
DEL  
MERCADO



**SLIR, S.L.**

Of. Central y Comercial: C/ Castillo de Maya, 42-1º • 31003 PAMPLONA  
Tel. 948 232 205 Fax 948 249 505  
Planta: Ctra. Figarol, s/n 31310 CARCASTILLO (Navarra)

## CUADRO III.- EXTRACCIONES, RITMO DE ABSORCIÓN (%) DE ELEMENTOS A LO LARGO DEL CICLO Y EQUILIBRIOS DE NUTRIENTES USUALES EN LA FERTIRRIGACIÓN DEL TOMATE DE INDUSTRIA.

| Fases                       | N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Equilibrios |
|-----------------------------|-----|-------------------------------|------------------|-------------|
| Trasplante-inicio floración | 10  | 5                             | 5                | 1-1,75-0,7  |
| Hasta fructificación        | 15  | 15                            | 25               | 1-1-0,4     |
| Hasta inicio maduración     | 30  | 25                            | 20               | 1-0,25-1    |
| Maduración                  | 45  | 55                            | 50               | 1-0,25-1,4  |
| Extracciones (kg/t)         | 2,5 | 0,7                           | 3                |             |

una distribución media de un 63,5% para concentrado, un 16,65% para pelado y el 19,85% para otros usos.

En cuanto a la fertilidad, el tomate de industria responde bien a niveles altos de materia orgánica si ésta se aporta bien elaborada. Las extracciones del cultivo son importantes respecto a los macronutrientes nitrógeno y potasio (**cuadro III**), siendo la absorción muy elevada en las últimas etapas del ciclo de cultivo. Por otro lado, en numerosos ensayos no se ha observado una respuesta positiva de la producción con dosis superiores a los 100 kg N/ha, siendo incluso perjudicial el exceso de nitrógeno, ya que provoca un desmesurado crecimiento vegetativo, retrasos en la floración, reducción del cuajado y aumento de la susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades.

La fertilización tradicional, variable según zonas, consiste en aportar entre 100 y 200 kg N/ha y unos 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha y 200 kg K<sub>2</sub>O/ha; aportando un 40-50% del nitrógeno, junto con el fósforo y el potasio en fondo y el resto del nitrógeno repartido en una o dos coberteras.

La creciente introducción de técnicas más novedosas en este cultivo está imponiendo el uso del acolchado y el riego por goteo, introduciendo de este modo la fertirrigación. En este caso, es entonces necesaria una adecuada dosificación del agua y los nutrientes, en función de la evapotranspiración diaria del cultivo y del ritmo de absorción de elementos. Los equilibrios de nutrientes (**cuadro III**) utilizados van a variar a lo largo de ciclo de cultivo, siendo más importantes los aportes de fósforo al inicio del ciclo y los de potasio al producirse la maduración del fruto.

### Fertirrigación de la remolacha azucarera

La fertilización nitrogenada de la remolacha azucarera de siembra primaveral consiste en un aporte medio en fertilización mineral de 150 kg/ha de nitrógeno (variable según zonas, rendimientos,

suelos, etc., existiendo una serie de métodos más o menos estandarizados para la determinación de esta dosis). Estas necesidades se fraccionan en un aporte en presiembra de un 30% aproximadamente (50 kg N/ha), junto con el fósforo y el potasio, mediante un abono ternario complejo. La cobertera tradicional con-



El riego por goteo se está imponiendo en la fertirrigación, también en el cultivo de frutales.

siste en una o dos aplicaciones con abonos nitrogenados sólidos mediante una abonadora.

Estas coberteras nitrogenadas pueden aplicarse mediante fertirrigación, normalmente utilizando el riego por aspersión, que es el sistema de riego más utilizado en este cultivo. De esta forma se fracciona más el aporte del nitrógeno, dando cuatro coberteras con 25 kg N/ha en cada una. La primera se hace en el estado de 6-8 hojas verdaderas (que en las condiciones de cultivo de Castilla y León coincide con las fechas de finales de mayo a principios de junio). Las siguientes coberteras se harán con un intervalo de unos siete días (que viene a ser el período entre dos riegos consecutivos para un suelo de textura franco arenosa), de

manera que la última aplicación se haría a finales de junio.

La dosis de riego se fijará según la curva característica de humedad del suelo y del estado de desarrollo del cultivo. La dosis media para un suelo franco arenoso puede estar en torno a 25-30 mm.

El equipo necesario para llevar a cabo la fertirrigación mediante riego por aspersión consiste únicamente en un inyector-dosificador (de los que existen varios tipos, pero el más utilizado es el hidráulico) y uno o varios recipientes para preparar la disolución madre concentrada de fertilizante.

La aplicación de una dosis en cada cobertera de 25 kg N/ha supone la aplicación de unos 75 kg/ha de nitrato amónico del 33,5% N. Hay que tener en cuenta la superficie a regar al mismo tiempo, en función el marco de riego y del número

de aspersores. La solución madre se prepara añadiendo la cantidad de fertilizante necesaria para la superficie a regar. El volumen final de esta solución dependerá de la solubilidad del fertilizante y de la dosificación del inyector (caudales mínimo y máximo que es posible inyectar), considerando no sobrepasar un determinado valor de salinidad el agua.

La inyección de la solución madre debe comenzar cuando se ha aplicado aproximadamente un 20% de la dosis de riego y finalizar al haber aplicado un 80%. Para una dosis media de 30 mm, debe iniciarse cuando se han aportado 6 y detenerse al contabilizar 24 mm (medidos con un contador volumétrico o al transcurrir determinado tiempo de riego si se conoce el caudal). ■