

SE DEBE REDUCIR AL MÁXIMO EL  $\text{NO}_3^-$  EN LA ETAPA FINAL DEL CICLO PARA EVITAR LIXIVIACIONES EN RIEGOS POSTERIORES

# Manejo controlado de la **aplicación de nitratos** en cultivos de tomate y pimiento en invernadero

En Andalucía, el Decreto 36/2008 de 5 de febrero y órdenes posteriores designan veinticuatro zonas vulnerables a nitratos, entre ellas, las principales zonas en las que se desarrollan cultivos hortícolas bajo abrigo. Para afrontar el problema es importante hacer un seguimiento de

los niveles de nitratos en el suelo, manteniendo éstos en valores que permitan la calidad y productividad necesaria de los cultivos, minimizando los posibles arrastres a capas más profundas, sobre todo en los momentos en los que mayor lavado se puede producir.

M<sup>a</sup> Milagros Fernández, Emilio Martín, Gema Canovas, Rafael J. Baeza.

Instituto de Investigación Agraria, Pesquera y de la Producción Ecológica, Centro La Mojonera, Almería.

**E**l uso excesivo de los fertilizantes en la agricultura es la principal causa de contaminación por nitratos de aguas subterráneas y superficiales. La presencia de altos niveles de nitrato en estas aguas tiene consecuencias negativas tanto desde el punto de vista ambiental (eutrofización) como para la salud humana.

La Directiva 91/676/CEE relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura obliga a designar las zonas vulnerables, establecer códigos de buenas prácticas agrarias y elaborar programas de actuación. En Andalucía, el Decreto 36/2008 de 5 de febrero y Órdenes posteriores designan veinticuatro zonas vulnerables, entre ellas, las principales zonas en las que se desarrollan cultivos hortícolas bajo abrigo. No obstante, en estos cultivos es usual el manejo de la fertirrigación con riego por goteo y autómatas programables permitiendo aplicar el agua y los fertilizantes necesarios de manera precisa, por lo que es asumible la adopción de prácticas de manejo de la fertilización nitrogenada más sostenibles.

La contaminación por nitratos se produce cuando coinciden dos factores:

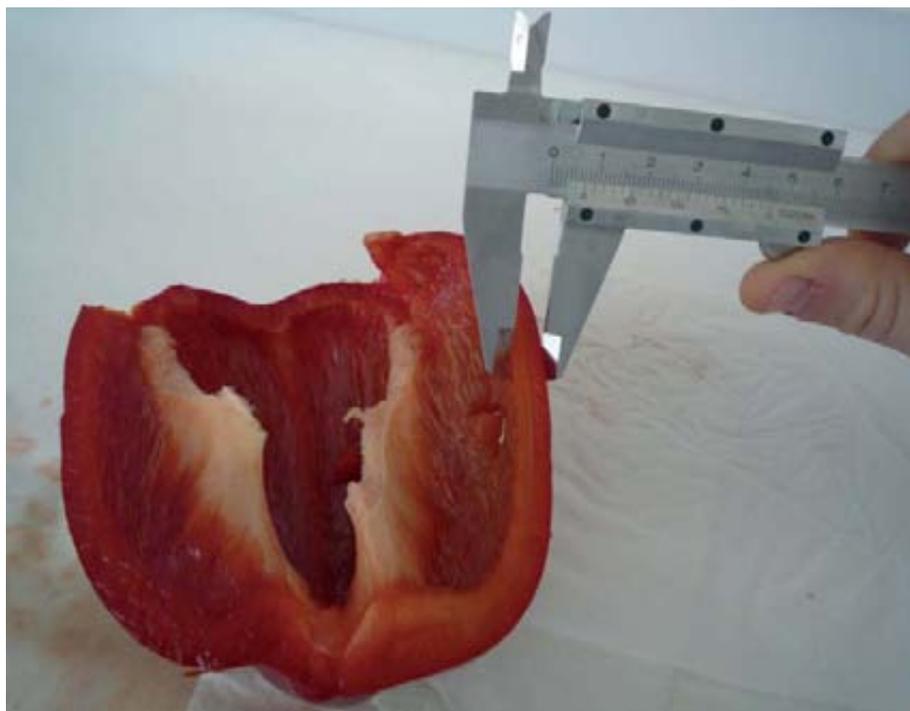
- Elevadas aplicaciones de fertilizantes ni-

trogenados, superiores a las extracciones del cultivo.

- Dosis de riego superiores a las necesidades del cultivo que ocasionan lavados del suelo y lixiviación en profundidad de las sales.

Para afrontar el problema es importante hacer un seguimiento de los niveles de nitratos en el suelo, manteniendo éstos en valores que permitan la calidad y productividad necesaria de los

cultivos, minimizando los posibles arrastres a capas más profundas, sobre todo en los momentos en los que mayor lavado se puede producir. En los cultivos hortícolas bajo abrigo se suele producir un fenómeno importante de lixiviación de sales, potencialmente contaminantes de los acuíferos, cuando se realizan los riegos de desinfección y lavado que, en este caso, tienen lugar al finalizar el cultivo (Thompson *et al.*, 2007).



Medida de grosor de pared en pimiento.

## Material y métodos

La estrategia de control que se propone consiste en un manejo correctivo basado en la reducción de los niveles excesivos de nitratos en suelo durante el cultivo, pero especialmente en los momentos previos a las labores de lavado y desinfección del suelo, con el objetivo de reducir las pérdidas de  $\text{NO}_3^-$  durante y después del cultivo, intentando mantener los niveles de producción del cultivo y la calidad del fruto.

Las pautas a seguir en esta estrategia son las siguientes:

a) Iniciar el cultivo con unos parámetros de fertirrigación convencionales. Podemos tomar como referencia las soluciones nutritivas medias que se muestran en el **cuadro I** (Fernández y Camacho, 2007).

b) Mantener durante el ciclo de cultivo unos niveles de nitratos en la solución del suelo adecuados. El **cuadro II** recoge los valores que se consideran conservadores.

c) Reducir los fertilizantes nitrogenados de forma progresiva a lo largo del ciclo de cultivo en función del seguimiento de la concentración de nitratos en la solución del suelo mediante sondas de succión y comprobando la tendencia decreciente de dicha concentración a medida que se aproxima el final del cultivo. Mantener como máximo la referencia de los niveles de nitratos en suelo recogidos en el apartado anterior. Los cationes que se reduzcan al recortar el aporte de nitratos (calcio, potasio, etc.) deben aportarse mediante formulaciones fertilizantes que no contengan nitrógeno, como cloruro cálcico, cloruro potásico, sulfato potásico, etc.

d) Suprimir completamente el aporte de nitratos durante al menos la última semana con el fin de evitar sobrantes de nitratos en la solución del suelo al final del ciclo de cultivo con elevada potencialidad contaminante en los riegos posteriores de lavado y desinfección.

Esta estrategia de control se ha experimentado en cuatro ensayos realizados en un invernadero experimental del Centro IFAPA La Mojonera (Almería) durante varias campañas, dos de cultivo de pimiento y dos de cultivo de tomate. El invernadero utilizado para los ensayos cuenta con una superficie de 1.150 m<sup>2</sup> (23 x 50 m), con orientación este-oeste, cubierta asimétrica a dos aguas, estructura de acero galvanizado y ventilación pasiva lateral y cenital. El suelo es franco arcilloso con enarenado y sistema de riego por goteo con un cabezal de riego con control automático

### CUADRO I.

Soluciones nutritivas medias de una fertirrigación convencional en la zona, a lo largo del ciclo de cultivo (mmol l<sup>-1</sup>).

	$\text{NO}_3^-$	$\text{H}_3\text{PO}_4^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$
Pimiento	12	1,5	1,5	6	5	2
Tomate	11	1,5	2	7,5	5	2

**En el cultivo de pimiento, la cantidad de nitrógeno total aportada al cultivo en el tratamiento TC fue de 388,6 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que el tratamiento TN fue de 297,5 kg ha<sup>-1</sup>. Esto supuso una reducción en el aporte de nitrógeno en el tratamiento TN con respecto al TC en la solución nutritiva del 24%**



Refractómetro digital para determinación de sólidos solubles.

### CUADRO II.

Valores de referencia de nitratos en la solución del suelo (Granados *et al.*, 2007).

	Valores de referencia de $\text{NO}_3^-$
Pimiento	8-12 mmol l <sup>-1</sup>
Tomate	12-14 mmol l <sup>-1</sup>

de pH, conductividad eléctrica y dosificación de fertilizantes.

En los dos ensayos de pimiento (campaña 2007/08 y 2008/09) se estableció un diseño experimental en bloques al azar con dos tratamientos y dos repeticiones. Se instalaron cinco sondas de succión para obtener la solución del suelo y dos tensiómetros para establecer y corregir la dosis de riego en función de las lecturas del potencial matricial del suelo (riego 20-30 cbares) por repetición. La densidad de plantación fue de 2 plantas m<sup>-2</sup> y una duración del ciclo de cultivo de 167 y 250 días, respectivamente. En los dos ensayos de tomate (campaña 2009/10 y 2010/11) se estableció un diseño experimental en bloques al azar con dos tratamientos y cuatro repeticiones. Se instalaron tres sondas de succión y dos tensiómetros por repetición. La densidad de plantación fue de 1 planta m<sup>-2</sup> y la duración del ciclo de cultivo de 253 y 275 días, respectivamente.

Durante los ensayos se establecieron dos tratamientos de fertirrigación:

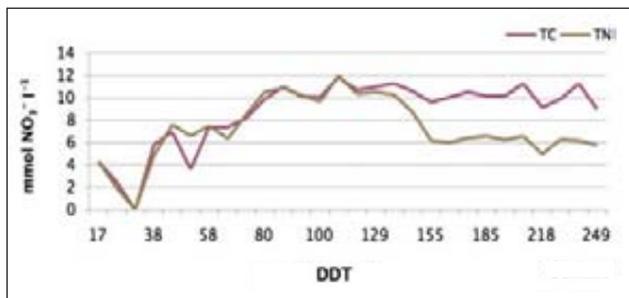
- Tratamiento convencional (TC), en el que se siguieron prácticas habituales de la zona (Navas *et al.*, 1999, Casas y Casas, 1999, para los cultivos de pimiento y Fernández y Camacho, 2007 para los cultivos de tomate).

- Tratamiento de manejo controlado (TN), en el que las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados se fueron corrigiendo durante el ciclo de cultivo intentando ajustar los niveles de  $\text{NO}_3^-$  en la solución del suelo en torno a los valores recogidos en el **cuadro II**.

El objetivo de la estrategia fue mantener el contenido de nitratos en el suelo en un rango de

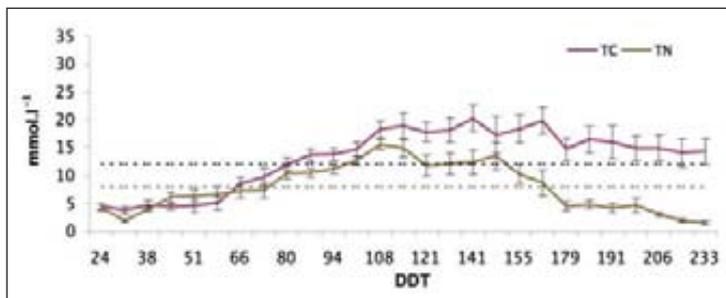
**FIGURA 1.**

**Evolución del contenido de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución nutritiva en el cultivo de pimiento en la campaña 2008/09.**



**FIGURA 2.**

**Evolución del contenido de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la solución de suelo en el cultivo de pimiento en la campaña 2008/09.**



terminado (**cuadro II**), para ello se instalaron sondas de succión (sonda de cerámica porosa Irrometer con botella de topacio) con las que se obtenían cada diez días muestras de solución de suelo en las que, mediante el uso de equipos de análisis rápido (reflectómetro RQFlex 10 de Merck y varillas analíticas Reflectoquant) se de-

terminó el contenido de nitratos, ajustando el abono nitrogenado según los valores obtenidos. Además se realizaron análisis de suelo al inicio, durante y al final del ciclo de cada uno de los cultivos, contrastando los datos obtenidos de la solución del suelo con los del extracto saturado.

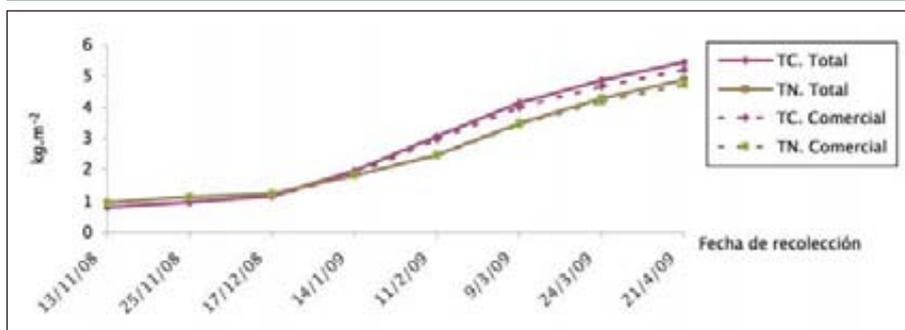
En los cuatro ensayos se determinó la pro-

ducción total y comercial obtenida en cada uno de los tratamientos. Además en los dos cultivos de pimiento se controlaron en cada una de las recolecciones los siguientes parámetros: peso, calibre longitudinal, perímetro de circunferencia mayor y grosor de pared. También se evaluó la variación en peso, firmeza (kg cm<sup>-2</sup>) y el contenido en sólidos solubles totales (°Brix) entre fruto fresco y conservado (10 días de conservación en caja de campo a una temperatura de 9°C en cámara frigorífica). Mientras que en los dos cultivos de tomate se evaluaron los parámetros de peso y calibre y la variación en peso, firmeza, sólidos solubles totales y pH entre fruto fresco y conservado.

Para la comparación de los datos medios se procedió a la evaluación mediante la aplicación de un análisis de varianza Anova de una vía y posterior contraste mediante la aplicación del Test de LSD ( $p < 0,05$ ; Anova).

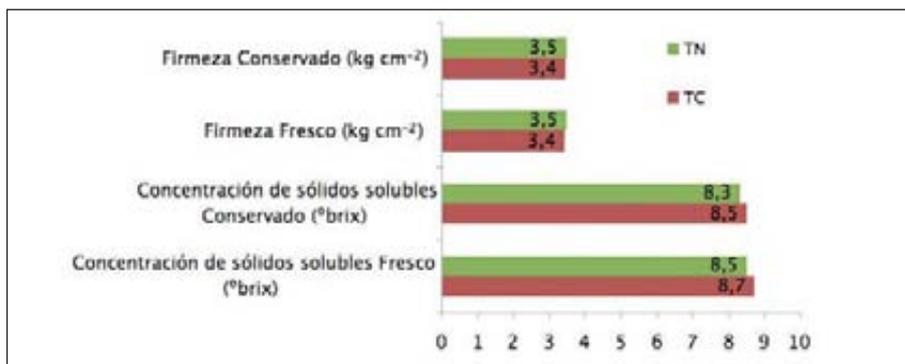
**FIGURA 3.**

**Producción total y comercial acumulada en el cultivo de pimiento en la campaña 2008/09.**



**FIGURA 4.**

**Concentración de sólidos solubles y firmeza en fruto fresco y en fruto conservado en el cultivo de pimiento en la campaña 2008/09.**



## Resultados y discusión

### Cultivo de pimiento

Los resultados fueron similares en los dos ensayos. La cantidad de nitrógeno total (nitrato + amoniacal) aportada al cultivo en el tratamiento TC fue de 388,6 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que el tratamiento TN fue de 297,5 kg ha<sup>-1</sup> en el ciclo 2008/09. Esto supuso una reducción en el aporte de nitrógeno en el tratamiento TN con respecto al TC en la solución nutritiva del 24%, siendo el volumen de riego aportado en ambos tratamientos de 328,5 mm.

Los valores obtenidos de las determinaciones de nitrato en solución nutritiva y en solución de suelo (pimiento cv. Coyote trasplantado el 14/08/08) se muestran en las **figuras 1 y 2**. La variabilidad de los valores medidos en la solución extraída de las sondas es elevada lo

que obliga a pensar que el número de sondas a utilizar también debe serlo para obtener datos representativos. Puede observarse que cuando en el tratamiento TN empezamos a disminuir el contenido de nitratos (100 días después de trasplante, DDT) en la solución nutritiva a los pocos días empieza a descender el contenido de nitratos en la solución de suelo, siguiendo el suelo una tendencia paralela a las disminuciones que se van aplicando en la solución nutritiva.

A partir del día 170 DDT los niveles de nitratos en la solución de suelo disminuyen por debajo de los valores conservadores utilizados, manteniéndose entre 3 y 7 mmol l<sup>-1</sup> aproximadamente en los dos últimos meses, llegando al final del ciclo de cultivo a valores próximos a 1 mmol l<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Mientras se mantuvieron estos



Penetrómetro para medida de firmeza en fruto.

niveles de nitratos en suelo no se apreciaron repercusiones ni sobre la producción ni sobre el aspecto del cultivo.

La **figura 3** recoge la producción total y comercial acumulada a lo largo de las diferentes

recolecciones. La producción total obtenida en el tratamiento TC fue de 5,4 kg m<sup>-2</sup>, mientras que en el tratamiento TN fue de 4,9 kg m<sup>-2</sup> sin que se mostraran diferencias estadísticamente significativas entre ambos.

En la **figura 4** se muestran los resultados obtenidos en algunos de los parámetros de calidad analizados, no apreciándose diferencias significativas entre los tratamientos.

### Cultivo de tomate

La reducción del aporte de nitrógeno (nitrógeno + amoniacal) en el tratamiento TN con respecto al TC en solución nutritiva a lo

largo del ciclo de cultivo fue de un 35%, habiéndose aportado un total de 764,9 kg ha<sup>-1</sup> en el tratamiento TC y 494,3 kg ha<sup>-1</sup> en el TN, siendo el volumen de riego aportado en ambos tratamientos de 299 mm.



## El auténtico SOP soluble especial para fertirrigación y aplicación foliar

Desde hace más de 10 años, SoluPotasse® ha proporcionado a los agricultores de todo el mundo, una excelente fuente concentrada de potasio y azufre, ayudando a producir cultivos de alta calidad y alto valor.

- Fácil manejo - rápida disolución y totalmente soluble en agua
- Bajo pH - mejora la asimilación de los nutrientes por la planta y disminuye los riesgos de obstrucción de goteros
- Ideal para suelos sensibles y con problemas de salinidad - bajo índice salino y libre de cloro
- Alta pureza y calidad garantizada con resultados óptimos
- Fertilización flexible - una fuente de potasio libre de nitrógeno que además aporta azufre

**Tessenderlo Group Fertilizers**  
*giving nature a helping hand*



Membres de  
**SOPIB**  
Asociación de Productores Agrícolas de España  
www.sopib.es

Apartado de Correos 134  
28400 Collado Villalba  
Tlf.: 91 376 49 41 / 636 463 771



TENDERLO  
GROUP

FIGURA 5.

Contenido de  $\text{NO}_3^-$  obtenido en la solución nutritiva a lo largo del ciclo del cultivo de tomate en la campaña 2010/11.

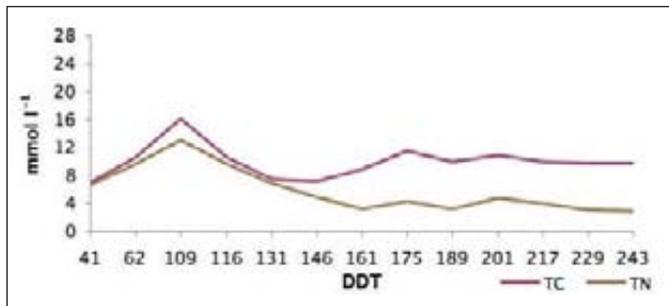


FIGURA 6.

Contenido de  $\text{NO}_3^-$  obtenido en la solución de suelo a lo largo del ciclo del cultivo de tomate en la campaña 2010/11.

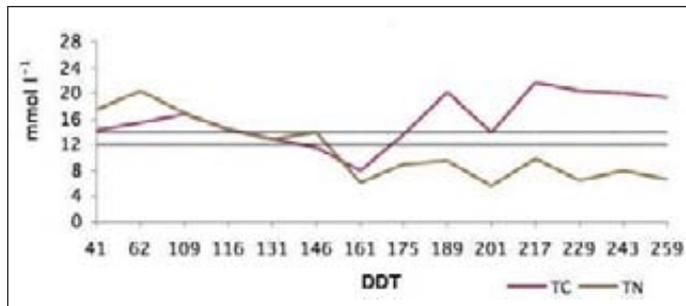


FIGURA 7.

Producción total y comercial acumulada en el cultivo de tomate en la campaña 2010/11.

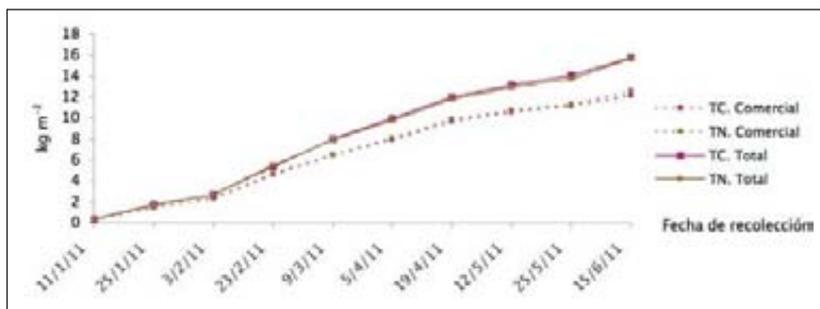
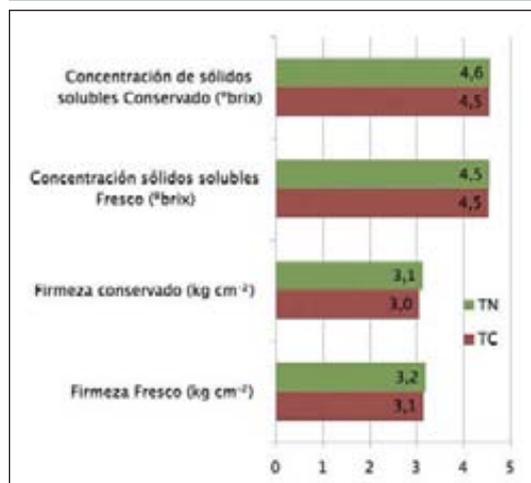


FIGURA 8.

Concentración de sólidos solubles y firmeza en fruto fresco y en fruto conservado en el cultivo de tomate en la campaña 2010/11.



Utilización de bomba de vacío para succión en sonda de cerámica porosa en cultivo de pimiento.

En las **figuras 5 y 6** se muestran los valores obtenidos en las determinaciones de nitrato en solución nutritiva y en la solución del suelo, respectivamente, a lo largo del ciclo de cultivo (tomate cv. Razymo, con fecha de trasplante 10-09-2010). Al igual que en el cultivo de pimiento ambas gráficas siguen tendencias similares reflejándose en la solución del suelo las sucesivas disminuciones de nitratos en la solución nutritiva en el tratamiento TN, mientras que en el tratamientos TC el contenido de nitratos en la solución del suelo se va acumulando en los tres últimos meses de cultivo al mantener más o menos constante la solución nutritiva, terminando el ciclo en torno a 20  $\text{mmol l}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  en la solución del suelo, frente a los 7  $\text{mmol l}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  de TN.

Analizando los datos de producción total y comercial acumulada en sucesivas recolecciones observamos que no existen diferencias significativas entre tratamientos, siendo la producción comercial obtenida de 12,2 y 12,6  $\text{kg m}^{-2}$  para TC y TN respectivamente (**figura 7**).

La **figura 8** recoge algunos de los resultados obtenidos en los parámetros de calidad tanto en fruto fresco como conservado, no mostrándose diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, al igual que en el resto de parámetros de calidad de fruto determinados en los ensayos.

## Conclusiones

Los resultados muestran que hay un margen importante para la reducción de las cantidades de N sin repercusiones significativas sobre la producción.

La concentración de nitrato en la solución del suelo puede ser un buen indicador para un manejo ajustado de la cantidad de N a



# MAYOR RESISTENCIA

## Salud Interior, Belleza Exterior

**YaraLiva™ Calcinit** es un **Nitrato de Calcio** de muy alta calidad 100% soluble. Puede ser aplicado utilizando cualquier sistema de fertirrigación: *hidropónico, riego localizado, microaspersión, aspersión y pulverización.*

Mantiene la fruta y la verdura fresca durante más tiempo. Mejorando la estructura celular y la calidad del fruto no sólo se alarga la vida postcosecha, sino que también se consigue mayor resistencia a enfermedades criptogámicas, más firmeza del fruto, mayor desarrollo de las raíces y un cultivo de mejor calidad en general. El aumento de la calidad del cultivo hará aumentar la rentabilidad.

Para más información: [www.yara.es](http://www.yara.es) // [info.iberian@yara.com](mailto:info.iberian@yara.com)



**YaraLiva™**  
**CALCINIT**

aplicar a los cultivos. Es necesario hacer un seguimiento continuo y ver las tendencias.

Concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  de 10 a 14  $\text{mmol l}^{-1}$  en la solución del suelo para tomate

y de 8 a 12  $\text{mmol l}^{-1}$  para pimiento no afectan significativamente ni a producción ni a calidad del fruto. En los últimos dos o tres meses de cultivo se ha trabajado con concentraciones

por debajo de estos niveles (entre 3 y 7  $\text{mmol l}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  en pimiento y entre 7 y 10  $\text{mmol l}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  en tomate) igualmente sin repercusiones sobre la calidad y cantidad de las producciones en ambos cultivos.

Para un manejo ajustado de la cantidad de N al cultivo se debe reducir al máximo la cantidad de  $\text{NO}_3^-$  en la etapa final del ciclo de cultivo para evitar lixiviaciones en los riegos posteriores de lavado, desinfección y preplantación.

Estas propuestas de actuación pueden significar un ahorro de 25 a 35% de la cantidad de fertilizante nitrogenado aportado, con el consiguiente ahorro económico y beneficio ambiental. ●

### Analizando los datos de producción total y comercial acumulada de tomate en sucesivas recolecciones observamos que no existen diferencias significativas entre tratamientos, siendo la producción comercial obtenida de 12,2 y 12,6 $\text{kg m}^{-2}$ para TC y TN respectivamente



Sonda de succión de cerámica porosa instalada en cultivo de tomate.

#### Bibliografía ▼

Casas A. y Casas E., 1999. El Análisis suelo-agua-planta y su aplicación en la nutrición de los cultivos hortícolas en la zona del sureste peninsular. Caja Rural de Almería, 1999.

Decreto 36/2008 de 5 de febrero. BOJA núm. 36 de 20 de febrero 2008 en el que se designan las zonas vulnerables y se establecen medidas contra la contaminación por nitratos de origen agrario.

Directiva europea 91/676/CEE. Diario Oficial de la Unión Europea de 31 de diciembre de 1991, L-375. Directiva del Consejo 91/676/Ce, de 12 de diciembre, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura.

Fernández Rodríguez E. y Camacho Ferre F. 2007. Manual práctico de fertirrigación en riego por goteo. Ed. Agrotécnicas, 2007.

Granados García M. R., Thompson R. B., Fernández Fernández M. D., Gázquez Garrido J. C., Gallardo Pino M. L., Martínez-Gaitán C., 2007. Reducción de la lixiviación de nitratos y manejo mejorado de nitrógeno con sondas de succión en cultivos hortícolas. Edita: Fundación Cajamar. Almería.

Navas Becerra, J.A.; López Rodríguez, M.; Ortiz Berrocal, F.; Gil Sánchez, C.; Lirola Peralta, J.; González Vizcaíno, A.; Aguilar Pérez, M.I.; Fernández Fernández, M. 1999. Cultivos hortícolas I. Técnicas de cultivo. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.

Thompson R. B., Martínez-Gaitán C., Gallardo M., Jiménez C. y Fernández M.D., 2007. Identification of irrigation and management practices that contribute to nitrate leaching loss from an intensive vegetable production system by use of a comprehensive survey. Agricultural Water Management 89 (3): 261-274 p.