

El uso de inhibidores de la nitrificación no solo contribuye a mitigar el impacto ambiental de la fertilización nitrogenada, sino también a optimizar el aprovechamiento del nitrógeno por los cultivos

# EFECTOS AMBIENTALES Y PRODUCTIVOS DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN UNA ROTACIÓN DE CULTIVOS HORTÍCOLAS

Una estrategia eficaz para reducir las pérdidas de nitrógeno por lixiviación en la agricultura es incorporar inhibidores de la nitrificación a los fertilizantes amoniacales. Estos compuestos, como el fosfato de 3,4-dimetilpirazol (DMPP), ralentizan la conversión del amonio a nitrito, manteniendo el nitrógeno en forma amoniacal durante más tiempo y disminuyendo así el riesgo de lixiviación de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) hacia las aguas subterráneas. Diversos estudios han demostrado que la incorporación del DMPP con el fertilizante reduce significativamente las pérdidas de  $\text{NO}_3^-$  y puede mejorar los rendimientos agrícolas, aunque su efectividad puede variar según factores como el tipo de suelo, el clima y el manejo del riego.

**Ángel Maresma<sup>1</sup>, Enrique Peiró<sup>2</sup>, Fernando Visconti<sup>2</sup>, Israel Carrasco<sup>1</sup> y José Miguel De Paz<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de I+D de EuroChem Agro Iberia

<sup>2</sup>Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias-IVIA (GVA), Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible-CDAS

## INTRODUCCIÓN

En los cultivos hortícolas, donde la demanda de nitrógeno es alta y su eficiencia de uso (NUE) suele ser baja, las pérdidas por lixiviación son especialmente relevantes y el uso de inhibidores de la nitrificación puede ayudar a mejorar esta situación. No obstante, existe escasa información sobre el efecto del uso combinado de sulfato amónico y DMPP en rotaciones hortícolas bajo condiciones mediterráneas de clima y suelo.

Por esta razón, el presente estudio se planteó evaluar los efectos de la incorporación del DMPP con el sulfato amónico (ENTEC® solub 21), sobre la lixiviación de nitrato, la absorción de nitrógeno y los rendimientos de una rotación de cultivos hortícolas bajo condiciones edafoclimáticas mediterráneas.

### ENSAYO DE FERTILIZACIÓN EN ROTACIÓN DE CULTIVOS

El experimento tuvo una duración de dos años y se ejecutó en 12 contenedores de suelo (0,72 m<sup>3</sup> cada uno) instalados en la estación experimental del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) en Moncada (Valencia), bajo condiciones climáticas mediterráneas semiáridas (Figura 1). Cada contenedor disponía de un sistema de recogida de lixiviados para el análisis del volumen de drenaje y la concentración de nitrato, permitiendo así evaluar las pérdidas de nitrógeno por lixiviación.

El diseño experimental incluyó dos tratamientos de fertilización nitrogenada: uno con sulfato amónico (SA) como fertilizante convencional, y otro con



Detalle de cultivo de berenjena.



Figura 1. Contenedores del ensayo con sistema de recogida de agua de drenaje con el cultivo de pimiento.

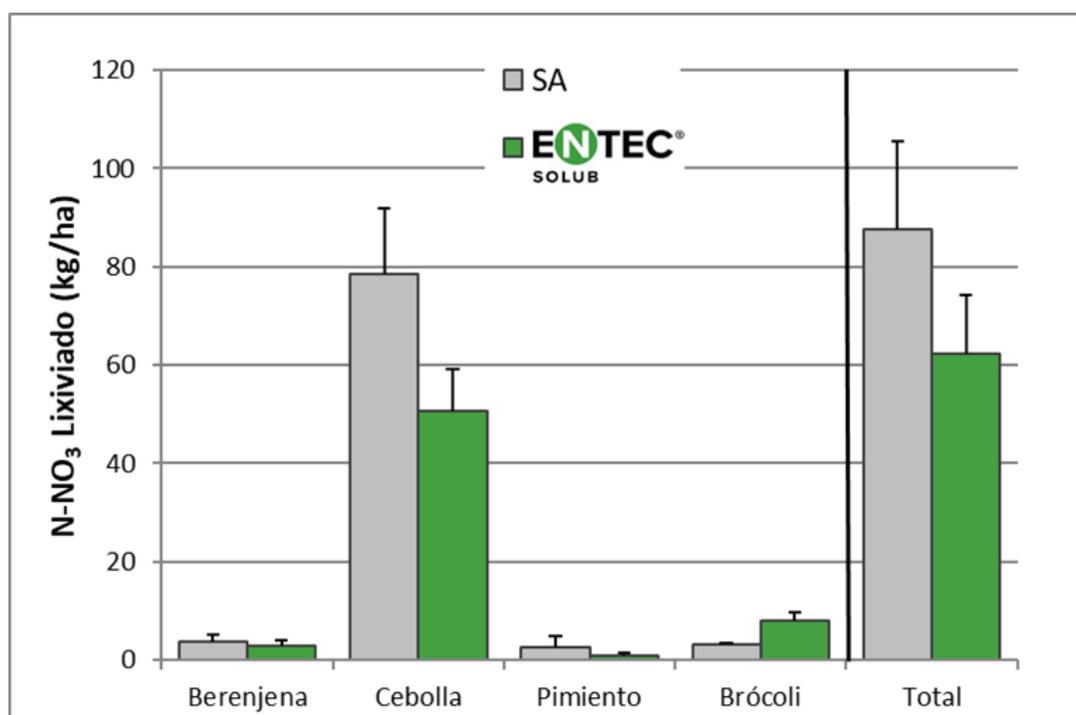


Figura 2. Nitrógeno nitrato lixiviado (kg/ha) en cada cultivo de la rotación en el tratamiento de abonado con sulfato amónico sin inhibidor (SA) y con inhibidor de la nitrificación (ENTECSOLUB 21).

el mismo fertilizante combinado con el inhibidor de la nitrificación DMPP (ENTECSOLUB 21). Ambos tratamientos se aplicaron con una parte en fondo y otra por fertirrigación, ajustándose a la demanda hídrica de cada cultivo mediante riego localizado, según las recomendaciones del Servicio de Tecnología del Riego (STR) del IVIA.

El ensayo incluyó una rotación de cuatro cultivos hortícolas representativos de la zona: berenjena, cebolla, pimiento y brócoli (Tabla 1). Estos cul-

destacado

Cultivo	Periodo	Riego	Fertilización				
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Dosis N	CBPA*
		(L/m <sup>2</sup> )	----- (g/planta) -----			----- (kg N/ha) -----	
<b>Berenjena</b>	May-Sep	363,5	18,3	8,3	18,7	274,5	160-200
<b>Cebolla</b>	Nov-Abr	286,2	4,3	1,7	5,7	573,3	160-200
<b>Pimiento</b>	May-Oct	360,4	11	4	15	275,0	170-220
<b>Brócoli</b>	Dic-Mar	325,6	4,6	1,4	4,7	276,0	220-250

Tabla 1. Periodo de cultivo, riego de cada cultivo incluido en el ensayo, dosis de nutrientes, y la recomendación de dosis de nitrógeno del código de buenas prácticas agrarias de la Comunidad Valenciana.

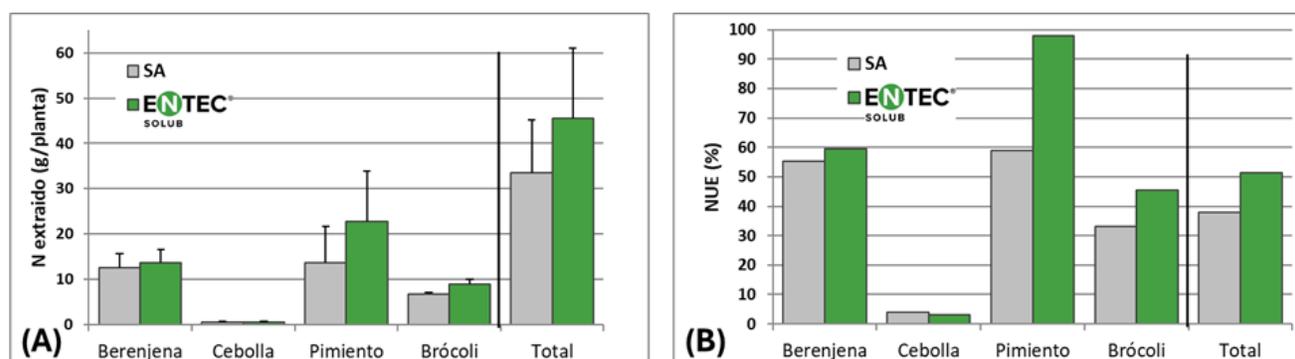


Figura 3. (A) Nitrógeno extraído y (B) eficiencia de uso del nitrógeno (NUE) de cada cultivo de la rotación para el tratamiento de abonado con sulfato amónico sin inhibidor (SA) y con inhibidor de la nitrificación (ENTEC® solub 21).

tivos presentan una elevada demanda de nitrógeno y una baja eficiencia en su uso, lo que los hace especialmente susceptibles a las pérdidas por lixiviación de  $\text{NO}_3^-$ .

Las dosis de fertilización nitrogenada aplicadas se establecieron en base a la práctica agrícola habitual de la zona, siendo ligeramente superiores a las recomendaciones oficiales del código de buenas prácticas agrarias de la Comunidad Valenciana.

Esta estrategia permitió poner de manifiesto con mayor claridad los efectos de incorporar el inhibidor de la nitrificación DMPP en el fertilizante en condiciones de fertilización intensiva. Además, se garantizó que todos los nutrientes distintos al nitrógeno se aplicaran en las mismas cantidades en ambos tratamientos, dejando como único factor diferencial el uso del inhibidor de la nitrificación (DMPP). El suelo utilizado presentaba una textura franco-arenosa en superficie, baja en materia orgánica y con niveles moderados de carbonato, características representativas de los suelos agrícolas de la huerta valenciana, y que influyen de forma relevante en el comportamiento del nitrógeno en el sistema agrario.

Durante el ensayo se realizaron muestreos de suelo a dos profundidades (0-30 cm y 30-60 cm) antes, durante y después de cada ciclo de cultivo, así



Detalle del plot experimental y recogida de lixivados en el cultivo de berenjena.

como de agua de drenaje tras cada evento de lixiviación. También se analizaron los órganos de las plantas (hojas, tallos, raíces y frutos) al final de cada ciclo para determinar la producción en fresco y seco, y el contenido total de nitrógeno. Los análisis de nitrógeno nítrico y amoniacal en suelo y agua se realizaron mediante métodos validados en laboratorio, mientras que la concentración de nitrógeno en el tejido vegetal se determinó por el método de Kjeldahl.

## RESULTADOS

### Lixiviación de nitrato

ENTEC® solub 21 redujo significativamente las pérdidas de nitrógeno por lixiviación en comparación con el tratamiento convencional sin inhibidor (SA). Durante la rotación de cultivos, la lixiviación total de nitrato fue de 88 kg N/ha en el tratamiento SA y de 62 kg N/ha en el tratamiento con ENTEC® solub 21, lo que supone una reducción del 29% (Figura 2).

Esta diferencia se debe fundamentalmente a la menor concentración de nitrato en el agua de drenaje en el tratamiento con DMPP, que fue entre un 22% y un 58% menor. Las mayores pérdidas se observaron en los cultivos de invierno, especialmente en el de cebolla, que dio cuenta del 75% del total lixiviado en toda la rotación de cultivos hortícolas, en parte debido a las copiosas lluvias de marzo y abril de ese año (2022).

Este resultado pone de manifiesto el impacto que el uso de fertilizantes que incorporen inhibidores de la nitrificación presenta para reducir el riesgo de contaminación por  $\text{NO}_3^-$  de las aguas subterráneas en zonas de clima y suelo mediterráneos.

### Extracción de nitrógeno y eficiencia

ENTEC® solub 21 también incrementó la extracción de nitrógeno por parte de los cultivos (Figura 3A), especialmente en verano. Berenjena y pimiento, con

un sistema radicular más desarrollado y mayor capacidad de absorción, extrajeron más nitrógeno que cebolla y brócoli, alcanzando eficiencias de uso del nitrógeno (NUE) superiores al 50% (Figura 3B).

ENTEC® solub 21 mejoró la NUE entre un 7% y un 39% respecto al fertilizante sin inhibidor, indicando una mayor capacidad de las plantas para utilizar el nitrógeno aplicado. La excepción fue la cebolla, en la que la NUE fue muy baja (3-4%) debido a una combinación de exceso de fertilización y condiciones meteorológicas que favorecieron una elevada lixiviación (Figura 2).

Estos resultados demuestran que el uso de inhibidores de la nitrificación no solo contribuye a mitigar el impacto ambiental de la fertilización nitrogenada, sino también a optimizar el aprovechamiento del nitrógeno por los cultivos.

La eficiencia en el uso del nitrógeno (NUE) resultó ser de media un 26% más alta para ENTEC® solub 21 que para el fertilizante sin inhibidor de la nitrificación



## destacado



### Producción agrícola

A pesar de reducir las pérdidas de nitrato y aumentar la eficiencia en el uso del nitrógeno, la producción no aumentó en el tratamiento con inhibidor de la nitrificación. Los rendimientos se mantuvieron dentro del rango esperado para cada cultivo en la Comunidad Valenciana, y las diferencias entre tratamientos fueron pequeñas y no significativas desde el punto de vista estadístico.

Por ejemplo, la producción de berenjena fue de 2,83 kg/planta con ENTEC® solub 21 y de 2,85 kg/planta con el fertilizante sin inhibidor (SA). En brócoli, la producción fue 0,47 kg/planta con ENTEC® solub 21 y 0,39 kg/planta con el fertilizante sin inhibidor (SA).

En resumen, el uso de fertilizantes con inhibidor de la nitrificación (DMPP)

puede incorporarse a la práctica agrícola habitual como método para mejorar la sostenibilidad, aumentar la eficiencia de uso de nitrógeno y garantizar la producción.

### CONCLUSIÓN

La utilización de ENTEC® solub 21, en la fertilización de fondo y en cobertura redujo en un 29% y de manera significativa las pérdidas de nitrato por lixiviación en una rotación de cuatro cultivos representativos de la horticultura mediterránea (berenjena-cebolla-pimiento-brócoli). Esta reducción llegó a ser del 35% durante la época de lluvias que coincidió con el cultivo de la cebolla.

Las menores lixiviaciones de nitrato coincidieron con mayores extracciones de nitrógeno por la planta. Por lo tanto, la eficiencia en el uso del nitrógeno

(NUE) resultó ser de media un 26% más alta para ENTEC® solub 21 que para el fertilizante sin inhibidor de la nitrificación.

Además de estos efectos beneficiosos, sobre el medio ambiente y la nutrición vegetal, la incorporación de la tecnología de los inhibidores de la nitrificación (DMPP) dio lugar a unas producciones similares a las de la zona y al fertilizante convencional. ■

### AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Ciencia e Innovación por la beca Torres de Quevedo PTQ2020-011271/AEI / 10.13039/501100011033 recibida por Dr. Ángel Maresma.