

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN VILLENA CON UN CULTIVO DE OTOÑO Y OTRO DE PRIMAVERA

# Influencia del nitrógeno mineral disponible en el suelo sobre la producción de la espinaca

El objetivo de este trabajo fue determinar las necesidades de N mineral del cultivo de espinaca en las condiciones de clima, suelo y prácticas de cultivo de la Comunidad Valenciana y evaluar la utilidad de la medida del contenido de nitrato en la savia y el índice de contenido de clorofila de las hojas como guía del abonado nitrogenado en el cultivo de espinaca.

C. Ramos, F. Berbegall y P. Romero.

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias.  
Moncada (Valencia).



Foto 1. Vista de la zona experimental limitada por las dos líneas de aspersores.

En España hay unas 3.000 ha cultivadas de espinacas con una producción de unas 60.000 t (MAPA 2010). La espinaca es un cultivo que responde muy bien al abonado nitrogenado pero que acumula nitrato en las hojas y peciolo en función de la cantidad de N mineral en el suelo, de manera que un exceso de abonado puede aumentar la concentración de nitrato en las hojas por encima de los límites establecidos por la Unión Europea (Comisión Europea, 2006). En las zonas mediterráneas, debido a la alta insolación, los contenidos foliares de nitrato no suelen ser muy altos. Por ejemplo, un estudio reciente en la Comunidad Valenciana mostró que la concentración mediana de nitrato en muestras de espinaca obtenidas en las tiendas y supermercados fue de 1.410 mg/kg sobre peso

fresco y menos del 1% de las muestras excedió el límite legal establecido (Pardo-Marín *et al.*, 2010). Sin embargo, un exceso de abonado nitrogenado aumenta el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas por nitrato.

Aunque hace unos años los estudios de fertilización determinaban la respuesta del cultivo al abonado nitrogenado, actualmente se considera más apropiado determinar la respuesta del cultivo al nitrógeno mineral disponible en el suelo. El N mineral ( $N_{\min}$ ) incluye el N en forma amónica y nítrica, y se considera  $N_{\min}$  disponible el N mineral aplicado como fertilizante más el que hay en el suelo al inicio del cultivo y el que se aporta en el agua de riego (Ramos y Pomares, 2010) (**expresión 1**):

## Expresión 1

$$N_{\min} \text{ disponible} = N_{\text{mineral en el suelo al inicio del cultivo}} + N_{\text{fertilizantes}} + N_{\text{agua de riego}}$$

El  $N_{\min}$  inicial del suelo se determina mediante análisis del suelo hasta una determinada profundidad, que varía según el cultivo (en general, esta profundidad es de 60 cm, pero para la espinaca se toman 30 cm).

Las necesidades de  $N_{\min}$  disponible de la espinaca varían según los autores. Por ejemplo, Fink (2005), en Alemania, da un valor de 166 kg N/ha para espinaca para consumo en fresco y de 182 kg/ha para la espinaca para industria, mientras que Scharpf y Weier (1996),

también en Alemania, para una producción de 25 t/ha dan unas necesidades de  $N_{\min}$  disponible de 220 kg N/ha para el cultivo de primavera y de 170 kg N/ha para el cultivo de otoño. Ramos y Pomares (2010) recomiendan 140-160 kg N/ha para una producción de 25-30 t/ha, y Rodríguez (2007), en Navarra, recomienda una aportación de 225 kg N/ha, además de 30-40 t/ha de estiércol aportado en el cultivo anterior, en espinaca para industria, con una producción de 18-20 t/ha.

El estado nutritivo de los cultivos hortícolas se puede determinar mediante medidas en las hojas. Dos de estos indicadores foliares que se han empleado como guía del abonado nitrogenado son la concentración de nitrato en la savia de los peciolo y el índice de contenido de clorofila (relacionado con el verdor de la hoja), pero hay pocos estudios sobre la aplicación de estos indicadores en la fertilización nitrogenada de la espinaca.

El objetivo de este trabajo fue determinar las necesidades de N mineral del cultivo de espinaca en las condiciones de clima, suelo y prácticas de cultivo de la Comunidad Valenciana y evaluar la utilidad de la medida del contenido de nitrato en la savia y el índice de contenido de clorofila de las hojas como guía del abonado nitrogenado en el cultivo de espinaca.

## Ensayos de campo

Se realizaron dos ensayos de abonado nitrogenado en espinaca en la zona de Villena (Alicante) en dos parcelas muy próximas dentro de la misma explotación agrícola. En el ensayo 1, el ciclo de cultivo fue de otoño (siembra el 10 de septiembre de 2010 y recolección el 20 de octubre siguiente), mientras que en el ensayo 2, el ciclo fue de invierno-primavera (siembra el 18 de febrero y recolección el 9 de mayo de 2011). El suelo en las dos parcelas era de textura franco-arcillosa y franca, respectivamente, con un contenido de materia orgánica en la capa de 0-30 cm de 1,5-1,7%. Los cultivares empleados fueron Falcon y RS1301 de la compañía Seminis, en el primer y segundo ensayo, respectivamente. La separación entre líneas de plantas fue de 12 cm. El riego fue mediante aspersores separados 18 m.

En el ensayo 1, se realizó un abonado de fondo de 54, 138 y 52 kg/ha de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ , respectivamente, y en el ensayo 2 las cantidades fueron 18, 46 y 52 kg/ha de N,  $P_2O_5$  y

### CUADRO I.

Valores de N mineral disponible en el suelo en los dos ensayos en los diferentes tratamientos (kg N/ha) (capa de 0-30 cm) <sup>(1)</sup>.

	TRATAMIENTO			
	T1	T2	T3	T4
<b>Ensayo 1</b>				
$N_{\min}$ inicial	107	107	107	107
Abonado cobertera	0	21	78	121
$N_{\min}$ disponible	107	128	185	228
<b>Ensayo 2</b>				
$N_{\min}$ inicial	56	56	56	56
1º Abonado cobertera	45	90	135	180
2º Abonado cobertera	45	0	0	0
$N_{\min}$ disponible	146	146	191	236

<sup>(1)</sup> El aporte de N en el agua de riego fue despreciable y no se ha considerado

$K_2O$ . En los dos ensayos el muestreo de suelo para determinar el  $N_{\min}$  inicial se hizo después del abonado de fondo.

Los tratamientos experimentales consistieron en diferentes niveles de  $N_{\min}$  disponible en la capa de 0-30 cm (**cuadro I**). En el ensayo 2, los tratamientos T1 y T2 tuvieron el mismo valor de  $N_{\min}$  disponible, pero en T1 el abonado de cobertera se realizó en dos aplicaciones: una el 5 de abril (como en los otros tratamientos) y otra el 20 de abril. En todos los casos el abonado N de fondo se realizó con fosfato diamónico y el de cobertera con nitrosulfato amónico.

En los dos ensayos el diseño experimental fue de bloques completos al azar con seis repeticiones, con lo que había un total de 24 unidades experimentales (4 tratamientos x 6 repeticiones).

**En el cultivo de otoño, para una producción de unas 25 t/ha, las necesidades de  $N_{\min}$  en la capa de 0-30 cm son de unos 130 kg N/ha, mientras que en el cultivo de primavera, y para una producción de unas 35 t/ha, estas necesidades son de unos 190 kg N/ha**

Cada unidad experimental tenía una superficie de 9 x 9 m<sup>2</sup>.

En el ensayo 1 la concentración de nitrato en la savia se midió el día siguiente de la recolección, tomando hojas de plantas próximas a la zona rectangular empleada para la determinación de la producción (ver más abajo). Se tomaron 30 hojas recientemente maduras de cada unidad experimental hacia las 12 h del mediodía, se separaron los peciolo y se trocearon y prensaron para obtener savia en la que se determinó el contenido de nitrato con un reflectómetro de bolsillo RQFlex 10, que se calibró con soluciones patrón de nitrato. Todo el proceso analítico se completó en 2-3 horas después del muestreo de las hojas. En el ensayo 2 se midió el contenido de nitrato en la savia los días 59, 69 y 77 después de la siembra.

La determinación del índice de contenido foliar de clorofila se realizó en los limbos de las hojas muestreadas para el análisis de savia, mediante un equipo Minolta SPAD 502, haciendo dos lecturas en cada hoja.

En el ensayo 1 la producción se determinó mediante recolección a mano de una zona de 2 x 3 m<sup>2</sup> en cada unidad experimental, mientras que en el ensayo 2 se empleó una cosechadora que cosechó un rectángulo de 1,60 x 9,0 m<sup>2</sup> por unidad experimental.

## Resultados

### Necesidades de $N_{\min}$

La producción comercial de espinaca en relación con el  $N_{\min}$  disponible, en los dos ensayos, se presenta en la **figura 1**. Estos resultados sugieren que en el cultivo de otoño, pa-

ra una producción de unas 25 t/ha, las necesidades de  $N_{\min}$  en la capa de 0-30 cm son de unos 130 kg N/ha, mientras que en el cultivo de primavera, y para una producción de unas 35 t/ha, estas necesidades son de unos 190 kg N/ha. Estos valores son algo diferentes a los 166 y 182 kg N/ha aconsejados por Fink (2005) para la espinaca de consumo en fresco y para industria, respectivamente (este autor no especifica la producción, si bien en otra pu-

blicación -Fink *et al.*, 1999- se da un rango de producción en Alemania de 24-51 t/ha). Las diferencias entre las necesidades de  $N_{\min}$  en el cultivo de otoño y las del cultivo de primavera también se han observado en otros trabajos en Alemania (Scharpf y Weier, 1996), si bien en estos trabajos se establece que las necesidades de  $N_{\min}$  disponible son de 170 kg N/ha y 220 kg N/ha, para producciones de 25 t/ha en los cultivos de otoño y primavera, res-

pectivamente; estos valores son unos 30-40 kg N/ha superiores a los valores encontrados en este trabajo, para producciones similares o algo mayores. En un estudio en Italia, Stagnari *et al.* (2007) encontraron que en espinaca sembrada a finales de agosto y con un ciclo de unos 60 días, la producción aumentó con la dosis de fertilizante hasta valores de 200 kg N/ha, con unas producciones de 22-26 t/ha (estos autores no determinaron el contenido inicial de  $N_{\min}$  en el suelo).

FIGURA 1.

**Producción comercial de espinaca en función del  $N_{\min}$  disponible (0-30 cm) en los dos ensayos. Las barras corresponden al error estándar. En el ensayo 2, los dos valores de producción obtenidos a 146 kg/ha de  $N_{\min}$  disponible, la producción más alta corresponde al tratamiento 2 y la más baja al tratamiento 1.**

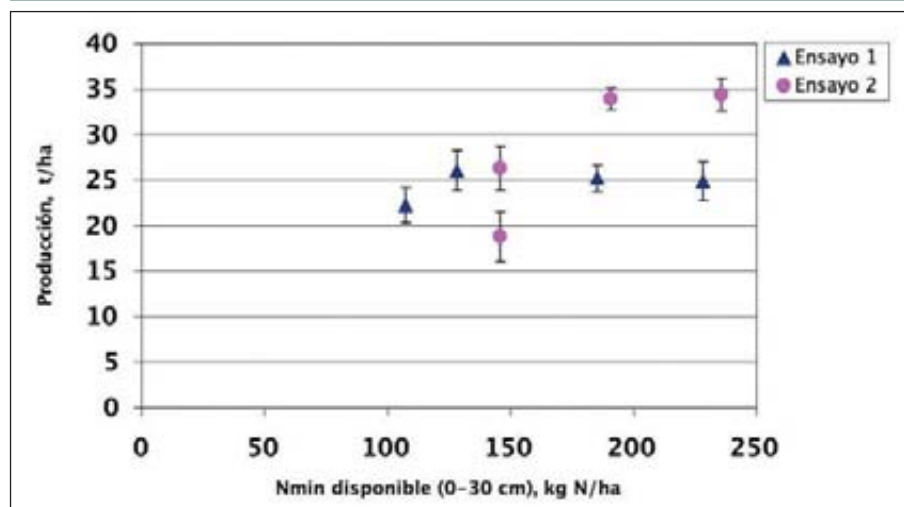
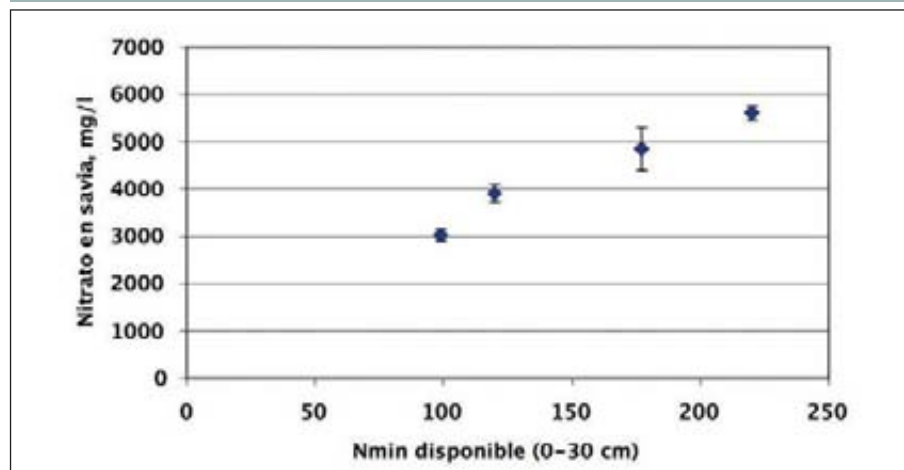


FIGURA 2.

**Concentración de nitrato en la savia de los peciolo en función del N mineral disponible, en el ensayo 1 (cultivo de otoño), 41 días después de la siembra. Las barras corresponden al error estándar de la media.**



## Momento de aplicación

Un resultado interesante del ensayo 2 es que mostró que no solo es importante el valor del  $N_{\min}$  disponible sino también la distribución temporal del mismo, que viene determinada por el momento de aplicación del abonado N. La diferencia entre el tratamiento T1 y T2 no fue la cantidad de fertilizante aplicado (90 kg N/ha) sino el fraccionamiento, puesto que en T1 se aplicaron 45 kg N/ha el 5 de abril y 45 kg N/ha el 20 de abril, mientras que en T2 se aplicaron los 90 kg N/ha el 5 de abril dando un  $N_{\min}$  disponible en los dos casos de 146 kg N/ha (cuadro I). La diferente producción de T1 y T2 sugiere que el tratamiento T1 experimentó un déficit de N mayor que el del tratamiento T2, entre el 5 y el 20 de abril, lo cual produjo una reducción en el crecimiento de la planta que no pudo ser compensada por la segunda aplicación de N el 20 de abril.

## Concentración de N en savia

Las medidas de la concentración de nitrato en la savia, en el ensayo 1, mostraron que esta concentración aumentó con el  $N_{\min}$  disponible (figura 2), de manera que para el nivel de  $N_{\min}$  considerado suficiente (130 kg N/ha)

**No sólo es importante el valor del  $N_{\min}$  disponible sino también la distribución temporal del mismo, que viene determinada por el momento de aplicación del abonado N**



Foto 2 (izda). Tomando una lectura con el medidor del índice de clorofila (SPAD). Foto 3 (derecha). Equipo RQFlex® 10 para la medida de la concentración de nitrato en la savia (previa dilución de la misma). La intensidad de color de las dos franjas de la tira indicadora varía con la concentración de nitrato.

la concentración de nitrato fue de unos 4.000 mg/l (conviene tener en cuenta que la concentración de nitrato en los peciolo es 3-4 veces

superior a la del limbo de la hoja). En la **figura 3** se muestran los resultados del ensayo 2 para los diferentes tratamientos, en tres fechas

diferentes. Se puede ver que la concentración de nitrato, en general, refleja la disponibilidad de  $N_{min}$  en el suelo y que esta concentración



# HELIOSOL®

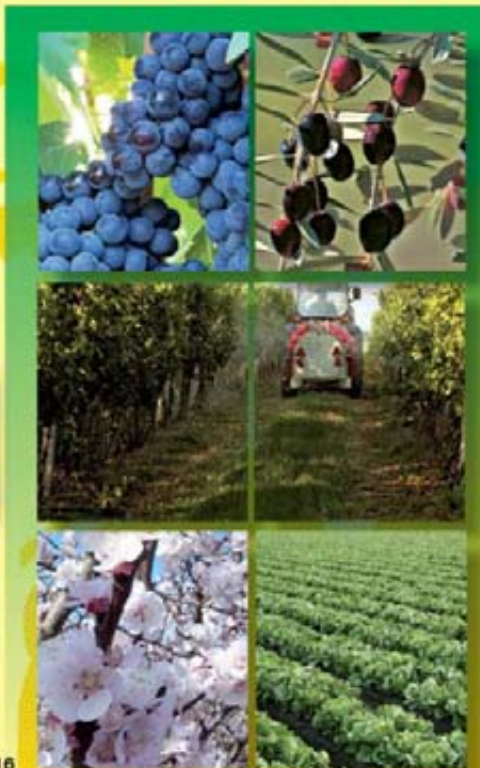


Optimiza la eficacia de los tratamientos fitosanitarios

## ANTI-DERIVA



## ANTI-REBOTE



## MAYOR SUPERFICIE DE CONTACTO



## RESISTENCIA AL LAVADO



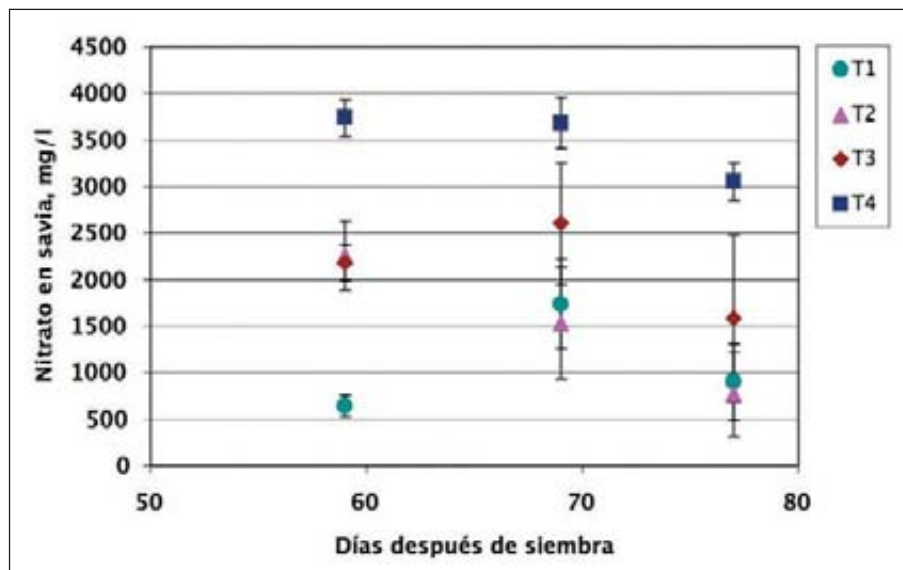
**Daymsa**  
Europe's leading producer of Leonardite

daymsa.com • mail@daymsa.com • Tel.: +34 976 46 15 16



FIGURA 3.

Concentración de nitrato en la savia de los peciolo en los diferentes tratamientos de N mineral disponible en varios momentos del período de cultivo en el ensayo 2 (cultivo de primavera). Las barras corresponden al error estándar de la media.



varía también con el tiempo. El valor tan bajo en el tratamiento T1, 59 días después de la siembra (DDS), indica claramente un déficit de N en este tratamiento, que hasta ese día solo había recibido el abonado de cobertura de 45 kg N/ha. Dos días después, este tratamiento recibió 45 kg N/ha adicionales y esto se reflejó en un aumento claro en la concentración de nitrato en la savia a los 69 DDS. Si consideramos que el tratamiento T3 obtuvo una producción similar a la máxima (figura 1), podemos tomar los valores de concentración de nitrato en la savia de este tratamiento como indicadores de los valores de suficiencia, que sería de unos 2.500 mg/L, para una medición realizada aproximadamente unos 60 DDS.

Las medidas del índice de contenido foliar de clorofila no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de  $N_{\min}$  disponible en ninguno de los dos ensayos.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que bajo las condiciones de cultivo empleadas, las necesidades de N mineral disponible para el

cultivo de espinaca en ciclo de otoño son de unos 130 kg N/ha para una producción de unos 25 t/ha, mientras que para el ciclo de cultivo de primavera, con una producción de unos 35 t/ha, las necesidades de N mineral disponible son de unos 190 kg N/ha. El análisis de nitrato en savia mostró que la concentración de nitrato varió con el  $N_{\min}$  disponible, pero la aplicación práctica de este tipo de medida como guía del abonado nitrogenado en la espinaca requeriría una investigación

**Podemos tomar los valores de concentración de nitrato en la savia del tratamiento 3 como indicadores de los valores de suficiencia, que sería de unos 2.500 mg/l, para una medición realizada aproximadamente unos 60 DDS**

adicional para obtener valores de referencia en las fases tempranas del ciclo de cultivo cuando aún se puede aplicar un abonado para corregir los posibles déficits de nitrógeno mineral disponible. La medida del índice de clorofila no fue útil para detectar diferencias en la disponibilidad de N en el suelo y en el estado nutricional de las plantas. ●

## Agradecimientos

Agradecemos a Florencio Villaroya el permitirnos realizar el ensayo en la finca El Puntal de Villena, y a Alejandro Martos y José María Bataller su apoyo en las labores de campo. Este trabajo fue financiado por el proyecto RTA2008-00081-C05-01 del INIA-Ministerio de Ciencia e Innovación.

## Bibliografía ▼

Comisión Europea. 2006. Reglamento (CE) No 1881/2006 de la Comisión de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. Diario Oficial de la Unión Europea, 20-12-2006, L 364:5-24.

Fink M. 2005. Recommendations for nitrogen fertilisation of vegetable crops in Germany. En: I Jornadas del Grupo de Fertilización de la SECH. Ramos C. et al. (eds), SECH Actas n° 44, pp. 18-24.

Fink M., Feller C., Scharpf H.-C., Weier U., Maync A., Ziegler J., Paschold P.J., and Strohmeyer K. 1999. Nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium contents of field vegetables - Recent data for fertiliser recommendations and nutrient balances. J. Plant Nutr. Soil Sci. 162:71-73.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2010. Anuario de Estadística 2009. Secretaría General Técnica, Subdirección General de Estadística. Madrid

Pardo-Marín O., Yusa-Pelecha V., Villalba-Martín P. and Perez-Dasi J.A. 2010. Monitoring programme on nitrates in vegetables and vegetable-based baby foods marketed in the Region of Valencia, Spain: Levels and estimated daily intake. Food Addit. Contam. Part A-Chem. Anal. Control Exposure Risk Assessment 27: 478-486.

Ramos C. y Pomares F. 2010. Abonado de los cultivos hortícolas. En: Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones. Madrid. Pags.: 181-192.

Rodríguez J.J. 2007. Guía de cultivo de espinaca para industria. Navarra Agraria, Mayo-Junio, pp. 28-30.

Scharpf H.C. and Weier U. 1996. Investigations on the nitrogen dynamics as a basis for the N fertilizer recommendations in vegetable production. Acta Hort. 428: 73-83.

Stagnari F., Di Bitetto V., and Pisante M.. 2007. Effects of N fertilizers and rates on yield, safety and nutrients in processing spinach genotypes. Scientia Horticulturae 114: 225-233.