

**Resultados experimentales de la aplicación del método del N mineral del suelo en la Comunidad Valenciana**

# Recomendaciones de **abonado nitrogenado** en diferentes cultivos hortícolas

Desde hace más de diez años en el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) se han llevado a cabo ensayos en diferentes zonas de la Comunidad Valenciana para determinar las necesidades de N mineral en los cultivos hortícolas de más interés y evaluar la aplicación del método  $N_{min}$ .

A continuación se presentan los principales resultados obtenidos en algunos de estos ensayos.

**C. Ramos, F. Berbegall, A. Vidal<sup>1</sup>, J. M. Carpintero y P. Romero**

Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible  
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias.  
46113 Moncada (Valencia).  
<sup>1</sup>Cooperativa Agrícola Villena.

**E**l abonado nitrogenado adecuado de los cultivos es importante porque una aplicación inferior a las necesidades disminuye la producción y un exceso aumenta la contaminación de las aguas por nitrato y la emisión de óxido nitroso del suelo a la atmósfera. El óxido nitroso tiene un gran potencial de efecto invernadero y la agricultura es el principal contribuyente del total de las emisiones por actividades humanas.

En general, la determinación de las necesidades de N por los cultivos se basa en un balance aproximado de la extracción de este elemento por el cultivo y del aporte de N por otras vías:

1) Contenido de N mineral en el suelo en el momento de la plantación.

2) Con el agua de riego.

3) Por mineralización de los residuos de cosecha y de la materia orgánica del suelo (Ramos y Pomares, 2010).

Este enfoque requiere conocer no sólo la magnitud de estas fuentes de N sino también las pérdidas de N en el suelo:



Parcela de ensayo de alcachofa.

- 1) La lixiviación de nitrato.
- 2) Las pérdidas gaseosas de N (por volatilización de amoníaco y por desnitrificación del nitrato).

Todas estas pérdidas de N hacen que la eficiencia en el uso del N aportado como fertilizante en muchos cultivos hortícolas pueda variar aproximadamente entre el 50 y el 80%. Las dificultades de hacer este balance hacen que se propugne la aplicación de métodos más sencillos.

Las plantas absorben el nitrógeno del suelo principalmente en forma de nitrato y amonio y la suma de estas dos formas constituye básicamente el N mineral del suelo. La cantidad de N mineral en el suelo al inicio de un cultivo puede ser importante y debe tenerse en cuenta al determinar la cantidad de N a aplicar en el abonado. Uno de los sistemas de recomendación de abonado nitrogenado de los cultivos hortícolas que se emplea en muchos países europeos es el método  $N_{min}$  ( $N_{min}$  indica nitrógeno mineral), que utiliza la cantidad de N mineral en el momento de la siembra o plantación como un dato básico para el cálculo de la dosis de abonado a aplicar al cultivo.

### El método $N_{min}$ de recomendación de abonado nitrogenado

En este método se considera que cada cultivo necesita disponer de una determinada cantidad de N mineral en la capa de suelo donde se encuentra la mayor parte de las raíces y a esta cantidad se le suele denominar valor objetivo. En la mayoría de los cultivos hortícolas, se considera que la mayor parte de las raíces se encuentran en la capa de 0-60 cm. Fink (2005) da valores objetivo y la profundidad de suelo para determinar el  $N_{min}$  para muchos cultivos hortícolas en Alemania.

La forma más general de este método viene representada por la **ecuación 1** (Neeteson, 1995).

#### Ecuación 1.

$$N_{rec} = A - B \cdot N_{min}$$

en la que  $N_{rec}$  es la dosis óptima de fertilizante nitrogenado a aplicar, B es un coeficiente experimental y  $N_{min}$  es la cantidad de N mineral presente en el suelo en el momento de la plantación. En esta ecuación, A representa las necesidades de N mineral del cultivo ("valor objetivo"). Estas necesidades se pueden cubrir con el  $N_{min}$  inicial del suelo en la capa considerada y con el aportado por el fertilizante u otras fuentes como el agua de riego o la mineralización de la materia orgánica del suelo. Si en la **ecuación 1** el coeficiente B es igual a 1 (y esta aproximación suele ser frecuente), esto implica que el  $N_{min}$  inicial del suelo y el N del fertilizante son equivalentes, aunque la eficiencia del uso de estos dos nitrógenos por la planta pueda ser diferente.

Los coeficientes A y B de la **ecuación 1** se obtienen experimentalmente mediante ensayos de fertilización con los suelos y prácticas de cultivo de una determinada zona.

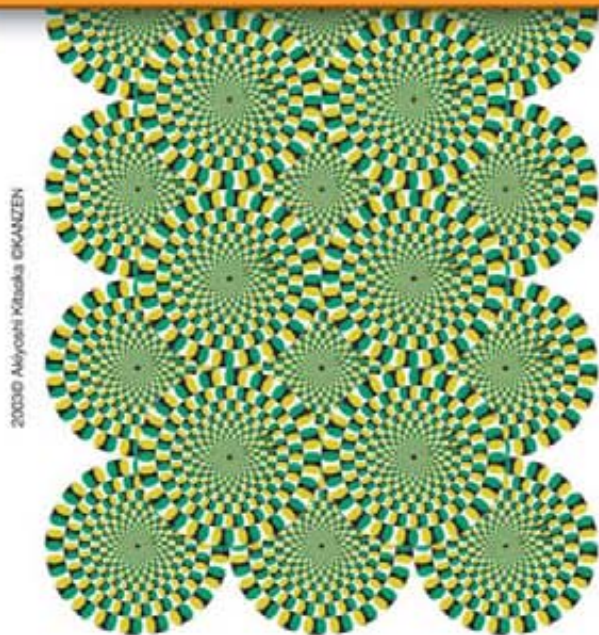
Para la determinación de  $N_{min}$  del suelo (en kg/ha) se necesita conocer la densidad aparente (masa de suelo seco por unidad de volumen) de las diferentes capas de suelo muestreadas lo cual requiere

# Vanguard®

Nueva máxima  
riqueza en  
orto-orto  
EDDHA 5,6%



¡Mucho más que un  
simple quelato de hierro!



20090 Miyoshi Kiyosaki OKAZAKI

## Nutrición dinámica del hierro

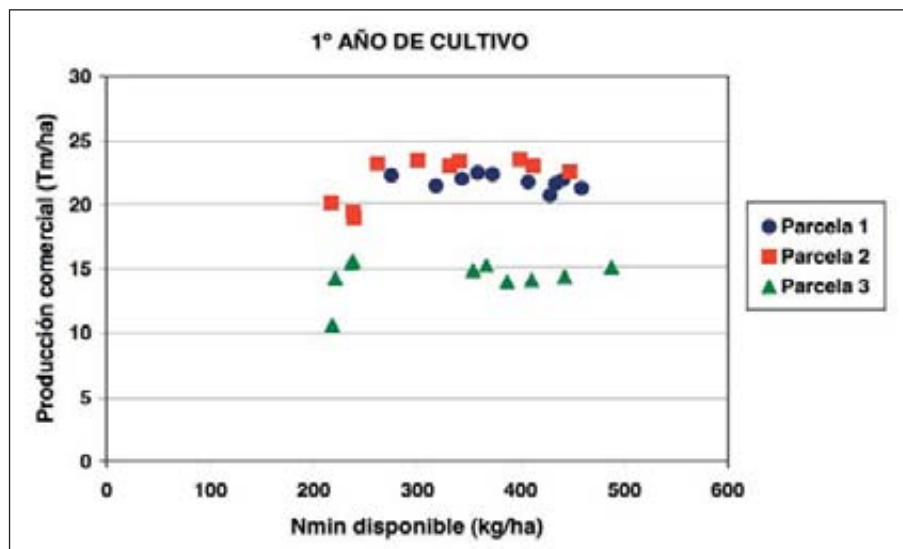
Restablece los mecanismos fisiológicos de la planta en la corrección de la clorosis



ISAGRO ESPAÑA S.L.  
C/ Maldonado, 63. Esc. C, 2ª izq. 28006 Madrid  
Tel. 914 023 040 - Fax. 91 401 30 59

**FIGURA 1**

Producción de alcachofa en las parcelas experimentales en el primer año de cultivo, en función del  $N_{min}$  disponible en el suelo (0-60 cm) (datos de Khayyo *et al.*, 2004).



un trabajo adicional. Si no se dispone de esta información se pueden emplear valores aproximados, como, por ejemplo: 1,30-1,40 g/cm<sup>3</sup> para la capa de 0-30 cm y 1,60-1,70 g/cm<sup>3</sup> para la capa de 30-60 cm, aunque estos valo-

res varían con la textura del suelo y su compactación. Debido a la alta variabilidad espacial del contenido de nitrato en el suelo, hace falta tomar entre diez y veinte muestras de suelo al menos para poder tener una cierta segu-

**En alcachofa en ninguna de las tres parcelas la producción aumentó para valores de  $N_{min}$  disponible superiores a unos 220-260 kg N/ha. Podemos tomar estos valores como las necesidades de  $N_{min}$  para este cultivo y para unas producciones de 20 a 25 t/ha**



Parcela de ensayo de zanahoria.

ridad de que el valor medio se desviará menos de un 10-20% del valor verdadero.

En algunos Estados de EE.UU. se emplea el método PSNT (del inglés: *pre-sidedress soil nitrate test*) para la recomendación de abonado nitrogenado. Este método se basa en los resultados del análisis de nitrato en el suelo en la capa de 0-30 cm poco antes del primer abonado de cobertura, cuando la fase de crecimiento rápido de la planta está iniciándose. Se considera que si el contenido de N nítrico es superior a 25-30 mg/kg entonces no hace falta abonar en la mayoría de los cultivos hortícolas (Heckman, 2002; Hartz, 2003).

En el IVIA desde hace más de diez años se han llevado a cabo ensayos en diferentes zonas de la Comunidad Valenciana para determinar las necesidades de  $N_{min}$  en los cultivos hortícolas de más interés y evaluar la aplicación del método  $N_{min}$ . A continuación se presentan los principales resultados obtenidos en algunos de estos ensayos.

## Resultados experimentales

### Ensayos de alcachofa

Los ensayos se realizaron en tres parcelas de agricultores, dos de ellas (parcelas A y B) en Vinalesa (L'Horta Nord de Valencia) y otra (C) en Masanassa (L'Horta Sud de Valencia). La textura del suelo en las parcelas A y B era franco-arenosa en la capa de 0-30 cm y franco-arcillosa de 30-60 cm. La parcela C tenía todo el perfil con una textura franco-arenosa. La separación entre líneas fue de 1,40 a 1,50 m y la separación entre plantas de 0,54 a 0,60 m, dependiendo de la parcela. Se empleó el cultivar Blanca de Tudela que era el que se empleaba en la zona. El riego fue por surcos con agua procedente de aguas superficiales o subterráneas. Se aplicaron tres tratamientos de abonado nitrogenado para conseguir tres valores de N mineral disponible ( $N_{min}$  inicial del suelo + N fertilizante + N en agua de riego) en la capa de 0-90 cm: 180 kg N/ha, 280 kg N/ha y 380 kg N/ha. El abonado se realizó en tres aplicaciones de nitrato amónico. Estos tratamientos se aplicaron durante los dos años que suele durar el cultivo en esta zona. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones.

La **figura 1** presenta la producción comercial de las tres parcelas en función del  $N_{min}$  disponible en la capa de 0-90 cm. Como se puede ver, los valores de  $N_{min}$  disponible fueron variables y mayores de los previstos debido, en general, a las

cantidades de N aportadas en el agua de riego. En ninguna de las tres parcelas la producción aumentó para valores de  $N_{min}$  disponible superiores a unos 220-260 kg N/ha. En el segundo año de cultivo estos valores críticos fueron similares. Así pues, podemos tomar estos valores como las necesidades de  $N_{min}$  para este cultivo y para unas producciones de 20 a 25 t/ha.

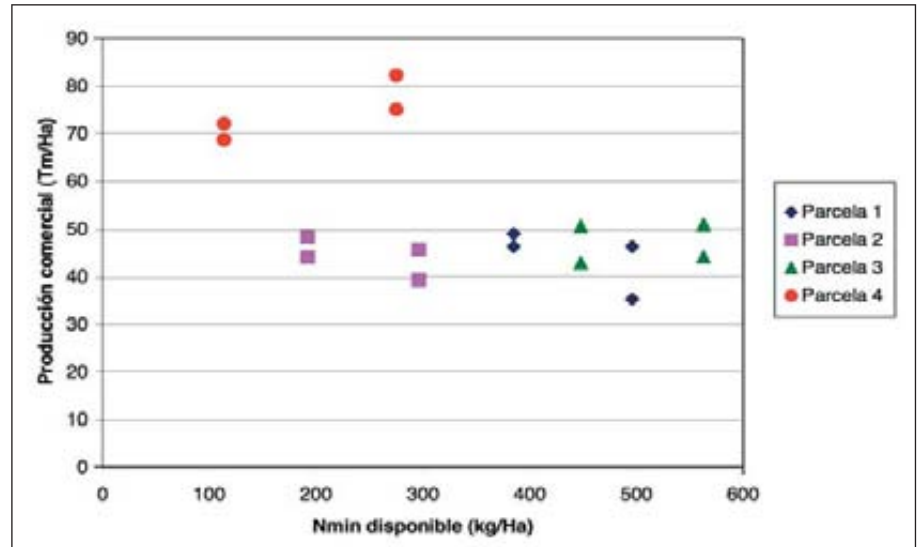
### Ensayos de zanahoria de mesa

En este caso los ensayos se realizaron en el área de Villena (Alicante) en cuatro parcelas. La textura del suelo era arcillosa en las parcelas 1 y 2, franco-arcillo-arenosa en la parcela 3 y arenosa-franca en la parcela 4. El cultivar empleado fue Maestro. Las parcelas 1 y 3 se regaron con riego localizado y las 2 y 4 con riego por aspersión. Se aplicaron dos tratamientos de abonado N: uno el tradicional de la zona y otro para conseguir un  $N_{min}$  disponible de 180 kg N/ha en la capa de 0-60 cm de suelo, valor que se consideró cercano a las necesidades de N mineral según los datos de Feller y Fink (2002). El diseño experimental fue de bloques completos al azar con dos repeticiones.

En la **figura 2** se presenta la producción comercial en todas las parcelas en función del  $N_{min}$  disponible. En esta figura, cada símbolo representa una unidad experimental, es decir, una repetición de un determinado tratamiento. Para cada parcela hay dos valores con menor N mineral disponible (correspondientes a las dos repeticiones del tratamiento basado en el método  $N_{min}$ ) y otros dos valores, con mayor  $N_{min}$ , correspondientes al tratamiento de abonado tradicional. Se puede observar que, si exceptuamos la parcela 4, la producción comercial no aumentó para valores de  $N_{min}$  disponible superiores a 190 kg N/ha. En el caso de la parcela 4, con un suelo más arenoso y una producción muy superior a la de las demás parcelas, sí se observó un aumento de producción de 70,4 t/ha a 78,7 t/ha (es decir, un aumento del 12%) cuando el  $N_{min}$  disponible aumentó de 159 kg N/ha a 320 kg N/ha; estos valores de  $N_{min}$  disponible correspondían a un contenido de  $N_{min}$  inicial del suelo de 66 kg N/ha y a un abonado de 93 kg N/ha y 254 kg N/ha en los dos tratamientos, respectivamente. Así pues se concluye que para unas producciones de unas 50 t/ha, las necesidades de  $N_{min}$  disponible son de unos 190 kg N/ha, si bien en suelos más arenosos y para producciones de 75-80 t/ha, las necesidades pueden ser algo mayores (unos 220 kg N/ha).

**FIGURA 2**

Producción comercial de zanahoria frente al N mineral disponible en las diferentes parcelas.



### Ensayos de sandía

Estos ensayos se realizaron en cuatro parcelas de la comarca Horta Nord de Valencia, en los términos de Moncada (parcela 1), Carpesa (parcela 2), Tavernes Blanques (parcela 3) y

Burjassot (parcela 4). La textura media de los suelos era franco-arenosa en el perfil 0-30 cm, franca en el perfil 30-60 cm y franco-arcillosa en el perfil 60-90 cm. El contenido medio de materia orgánica de los suelos hasta 90 cm de

## En zanahoria de mesa para unas producciones de unas 50 t/ha, las necesidades de $N_{min}$

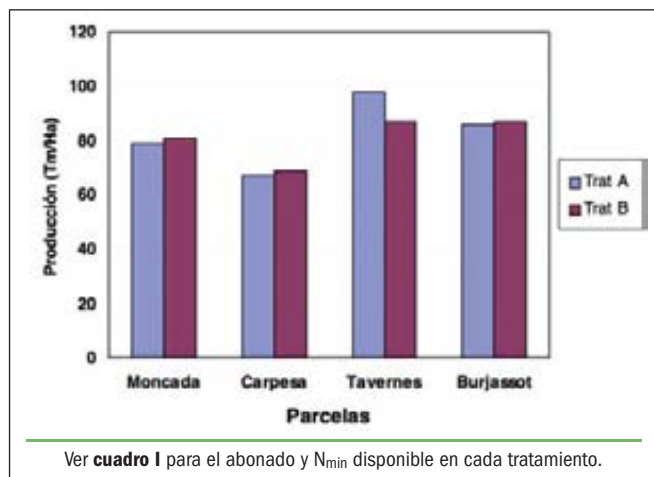
disponible son de unos 190 kg N/ha, si bien en suelos más arenosos y para producciones de 75-80 t/ha, las necesidades pueden ser algo mayores (unos 220 kg N/ha)



Parcela de ensayo de sandía.

**FIGURA 3**

Producción comercial de sandía (triploide + polinizador) en los dos tratamientos de abonado y en las cuatro parcelas.



profundidad era del 1,3%. Se empleó sandía triploide (cv Reina de Corazones) con el polinizador cv Susanita, en una proporción de dos plantas de triploide por una de polinizador. La separación de líneas fue de 4,3-4,8 m y de plantas dentro de la línea de 0,70-0,87 m, dependiendo de la parcela.

En la **figura 3** se presentan los resultados de producción de sandía para dos tratamientos de abonado: el tratamiento A es el que aplicó el agricultor, siguiendo su costumbre y en el tratamiento B se aplicó un abonado para conseguir un N<sub>min</sub> disponible de 150 kg/ha en la capa de 0-60 cm, que se consideró que podían ser las necesidades de N<sub>min</sub> de este cultivo. Como se puede observar, en tres de las cuatro parcelas la producción del tratamiento B fue ligeramente su-

perior al tratamiento A con más N<sub>min</sub> disponible, mientras que en la parcela de Tavernes el tratamiento A dio una producción claramente superior a la del tratamiento B. En el **cuadro I** se presentan los valores de N<sub>min</sub> inicial y las cantidades de N aplicadas en los dos tratamientos. Como puede verse, los valores de N<sub>min</sub> disponible para el tratamiento A en las diferentes parcelas variaron de 206 a 539 kg/ha, siendo el valor más alto el de la parcela de Tavernes, mientras que en el tratamiento B estos valores variaron entre 161 y 351 kg/ha. El valor tan alto de la parcela Tavernes fue debido al elevado contenido del N<sub>min</sub> inicial (en el tratamiento B no se aplicó nada de N, ya que el N<sub>min</sub> inicial superaba con mucho el valor que se había considerado como requerido de 150 kg/ha). Si exceptuamos la parcela Tavernes en que se observó un aumento de la producción al pasar el N<sub>min</sub> disponible de 351 a 539 kg/ha (con un abonado de 0 y 189 kg N/ha, respectivamente) en las otras parcelas, no se observó ningún aumento de producción para valores de N<sub>min</sub> disponible superiores a 160-240 kg/ha.

En el **cuadro I** podemos ver también que el valor medio del contenido de N<sub>min</sub> en la capa de 0-60 cm fue bastante elevado (165 kg/ha) y esto subraya la importancia de determinar esta

fuente de N para establecer el plan de abonado. Por otra parte, se ve que con el tratamiento B se aplicaron en promedio 116 kg N/ha menos que en el tratamiento tradicional del agricultor con un efecto mínimo sobre la producción. Otro dato de interés es el aporte de N en el agua de riego que en la parcela Moncada fue de 79 kg/ha, una cantidad bastante considerable, lo que hizo que el N<sub>min</sub> disponible de tratamiento B fuera bastante superior al que se requería. Así pues, estimamos que las necesidades de N<sub>min</sub> para la sandía en esta zona son de 160-190 kg N/ha.

### Conclusiones

Los ensayos realizados en diferentes zonas de la Comunidad Valenciana con alcachofa, zanahoria de mesa y sandía han mostrado que la aplicación del método del N<sub>min</sub> para la determinación de las necesidades de abonado nitrogenado en estos cultivos hortícolas ha permitido una reducción importante del abonado en comparación con la práctica tradicional del agricultor sin que ello haya producido una disminución de la producción. ●

### Agradecimientos

Los resultados presentados se han obtenido en los proyectos RTA01-117-C2-1 y TRT2006-00024-00-00 financiados por el INIA. Agradecemos la colaboración de Fermín Salcedo del Consorcio Cooperativo L'Horta Coop. V., de los agricultores José Monchofí, José Vicente Lloris, José Manuel Espinosa, Salvador Ballester, José Barat, Vicente Guanter, Antonio Hernández y Juan Blanco, y de la Cooperativa Agrícola Villena, así como la ayuda de Aurelio Agut y José Suñer en los muestreos de suelo.

**CUADRO I.**

Resultados de producción de sandía (triploide + polinizador) en cuatro parcelas experimentales en función del N mineral disponible y sus componentes.

Parcela	Tratam.	N <sub>min</sub> inicial kg/ha	N fertilizante kg/ha	N agua de riego kg/ha	N <sub>min</sub> disponible kg/ha	Producción t/ha
Moncada	A	101	213	79	393	79
	B	101	58	79	238	81
Carpesa	A	126	102	37	265	67
	B	126	26	37	189	69
Tavernes	A	308	189	43	539	98
	B	308	0	43	351	87
Burjassot	A	124	64	18	206	86
	B	124	19	18	161	87
Media	A	165	142	44	351	82
	B	165	26	44	235	81

### Bibliografía ▼

- 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.
- Heckman J.R. 2002. In-season soil nitrate testing as a guide to nitrogen management for annual crops. HortTechnology 12:706-710.
- Hartz, T.K. (2006) Vegetable production best management practices to minimize nutrient loss. HortTechnology 16, 398-403.
- Khayyo S., Pérez-Lotz J. and Ramos C. 2004. Application of the N<sub>min</sub> nitrogen fertilizer recommendation system in artichoke in the Valencian Community. Proc. Vth Int. Congress on Artichoke. Acta Horticulturae 660:261-266.
- Neeteson, J.J. 1995. Nitrogen management for intensively grown arable crops and field vegetables. En: Nitrogen Fertilization in the Environment (P-E. Bacon, Ed.). Marcel Dekker, New York. 295-325.
- 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.