

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FRUTO EN UN CAMPO COMERCIAL DE CÍTRICOS CON RIEGO POR GOTEO

Mejora de la fertilización nitrogenada mediante el uso de un inhibidor de la nitrificación

Este trabajo analiza el efecto de la frecuencia de aplicación del sulfato amónico (SA) y del inhibidor de la nitrificación 3, 4-dimethylpirazol fosfato (DMPP) sobre los cambios esta-

cionales del N-nítrico y N-amónico del suelo, la concentración de N y hierro (Fe) en hojas de la brotación de primavera y la producción y calidad del fruto.

A. Quiñones, B. Martínez-Alcántara,
U. Chi-Bacab y F. Legaz

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA).
Departamento de Citricultura y otros Frutales.
Moncada (Valencia).

El ensayo se llevó a cabo en una parcela comercial de clementina cv. Nules (*Citrus clementine* Hurt. Tanaka x *Citrus reticulata* Blanco) injertadas sobre citrange Troyer (*Citrus sinensis* x *Poncirus trifoliata*) durante tres años consecutivos. Los árboles se fertilizaron con 324 kg N ha⁻¹; 192 kg N ha⁻¹ se aplicaron como sulfato amónico (SA) (21% NH₄⁺-N) sin y con IN, fraccionados en 1, 2 y 4 aplicaciones al mes, el resto del N aplicado procedió del agua de riego. La concentración de N-NH₄⁺ en los 40 cm superficiales del suelo fue significativamente mayor con sulfato amónico + inhibidor DMPP, mientras que la concentración de N-NO₃⁻ fue significativamente superior en los árboles abonados con sulfato amónico. El IN dio lugar a una mayor concentración de N y Fe en las hojas de primavera. Además se obtuvo una mayor producción y mejores valores en algunos de los parámetros analizados de calidad del fruto en los árboles fertilizados con SA+IN.

Los cítricos son el cultivo más importante de la costa mediterránea, con una superficie próxima a las 300.000 ha. En estas áreas, se ha producido una severa

contaminación en las aguas subterráneas por lixiviación del ión nitrato (Sanchis, 1991; Fernández *et al.*, 1998).

De este modo, el mal uso de la fertilización nitrogenada en zonas de agricultura intensiva realizada en las últimas décadas está ocasionando un impacto ambiental de primer orden en España. Muchos de los fertilizantes utilizados se aplican en la forma amoniacal (100% NH₄⁺) como sulfato amónico (SA) ó 50% NH₄⁺ + 50% NO₃⁻ como nitrato amónico (NA). Este NH₄⁺ es oxidado rápida-

mente a NO₃⁻ por los microorganismos nitrificadores del suelo (McCarty y Bremner, 1989). El proceso de la nitrificación puede llevarse a cabo entre treinta y cuarenta días después de su aplicación; pero en verano, cuando se aplica la mayor parte de la dosis de N a los cítricos, el proceso puede ser más rápido (Serna *et al.* 1996a, 2000). Parte del NO₃⁻ producido está sujeto a pérdidas, principalmente por lavado o desnitrificación, y esto conlleva a una disminución de la eficiencia en el uso de los fertilizantes nitrogenados



Foto 1. Árboles tratados con sulfato amónico más el inhibidor (DMPP)

en este cultivo (Mansell *et al.*, 1986; Feigenbaum *et al.*, 1987; Martínez *et al.*, 2002).

Por tanto, la mejora del uso del N parece de vital importancia para conseguir una agricultura sostenible. En este sentido, el uso de inhibidores específicos de la nitrificación puede aumentar la absorción del N por las plantas y, por tanto, disminuir las pérdidas por lixiviación.

En estudios previos, se ha puesto de manifiesto que el inhibidor de la nitrificación di-ciadamida (DCD) incorporado al nitro-sulfato amónico (NSA) mejoró la eficiencia del N aplicado y redujo el lavado del ión nitrato en plantas jóvenes y adultas de cítricos (Serna *et al.*, 1994, 1996a). Más recientemente, un nuevo IN, 3,4 dimetilpirazol fosfato (DMPP), parece que presenta ciertas ventajas en comparación con otros inhibidores comerciales (Zerulla *et al.*, 2001).

Serna *et al.*, (2000) y Bañuls *et al.* (2001) sugieren que el DMPP podría ser más eficiente que el DCD cuando se adiciona al SA o al NSA en plantas de cítricos cultivadas en contenedores desarrollados tanto en condiciones de invernadero como a la intemperie. Sin embargo, no hay información del comportamiento del DMPP en cítricos cultivados en condiciones de campo. Por estos motivos, el propósito de este estudio fue evaluar el efecto del DMPP junto con aplicaciones frecuentes de SA sobre la concentración de N en forma de NO_3^- y NH_4^+ en los horizontes super-

ficiales del suelo, nivel foliar de N y Fe, producción y calidad del fruto en un campo comercial de cítricos con riego a goteo.

Material y métodos

Condiciones experimentales

El ensayo se desarrolló durante tres años consecutivos en árboles adultos de Clementina de Nules (*Citrus clementine* Hort. Tanaka x *Citrus reticulata* Blanco) injertados sobre citrange Troyer (*Citrus sinensis* x *Poncirus trifoliata*), con un marco de plantación de 4 x 5 m (480 árboles ha^{-1}). La plantas se cultivaron en un suelo franco-arcillo arenoso, pH 8,2, 0,95% de materia orgánica y densidad aparente de 1,6 kg m^{-3} , distribuidos al azar en el área experimental.

La concentración de N-NH_4^+ en los 40 cm superficiales del suelo fue significativamente mayor con sulfato amónico + inhibidor DMPP, mientras que la concentración de N-NO_3^- fue significativamente superior en los árboles abonados con sulfato amónico

Plan de fertilización y riego

Los árboles se fertilizaron con 675 g N planta \cdot año $^{-1}$. De éstos, 400 g se suministraron como SA (21% N-NH_4^+) mediante fertirriego, sin o con DMPP al 0,5%. Esto supone 5 mg por cada g de N aplicado. El restante provino del agua del riego, ya que el pozo contiene unos 224 $\text{mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$. El N procedente del agua de riego se obtuvo de acuerdo a la fórmula descrita por Martínez *et al.* (2002).

La cantidad de agua de riego aplicada a cada árbol se calculó en función de la evapotranspiración del cultivo (ET_c) mediante la siguiente expresión $\text{ET}_c = \text{ET}_o \times \text{K}_c$. (Doorenbos y Pruitt 1977).

El valor de ET_o se determinó utilizando la aproximación descrita por Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998). Los valores de K_c usados se basaron en las directrices proporcionadas por Castel y Buj (1994). Las necesidades de agua de riego se cubrieron mediante la precipitación anual efectiva (≥ 3 mm y ≤ 45 mm que ocasiona la saturación del suelo) más el agua aplicada mediante el riego (1.900 + 3.814, 2.020 + 3.626 y 2.280 + 3.407 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ en los tres años de ensayo, respectivamente). El valor medio de agua aportada por el riego fue de $3.616 \pm 204 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, que proporcionó $381 \pm 22 \text{ g N árbol}^{-1}$. De acuerdo con Legaz y Primo-Millo (2000), entre el 70 y el 80% del nitrato del agua de riego puede ser absorbido por la planta, por lo tanto, en torno a $275 \pm 15 \text{ g N árbol}^{-1}$ se suministraron por el riego.

Los árboles se fertirrigaron de 0 a 3 veces por semana de acuerdo a la demanda de evapotranspiración y lluvia efectiva, utilizando ocho goteros autocompensantes por árbol (4 l h^{-1}). Todos los árboles recibieron SA en marzo (5%), abril (10%), mayo (15%), junio (20%), julio (20%), agosto (15%), septiembre (10%) y octubre (5%) de acuerdo con Legaz y Primo-Millo (2000). Las cantidades necesarias de fósforo (P), potasio (K) y Fe se calcularon también según Legaz y Primo-Millo (2000) y se distribuyeron de igual forma que lo descrito para el N, a lo largo del ciclo vegetativo. También se realizaron aplicaciones foliares de Zinc (Zn) y Manganeso (Mn) con el fin de corregir las posibles deficiencias de estos nutrientes.

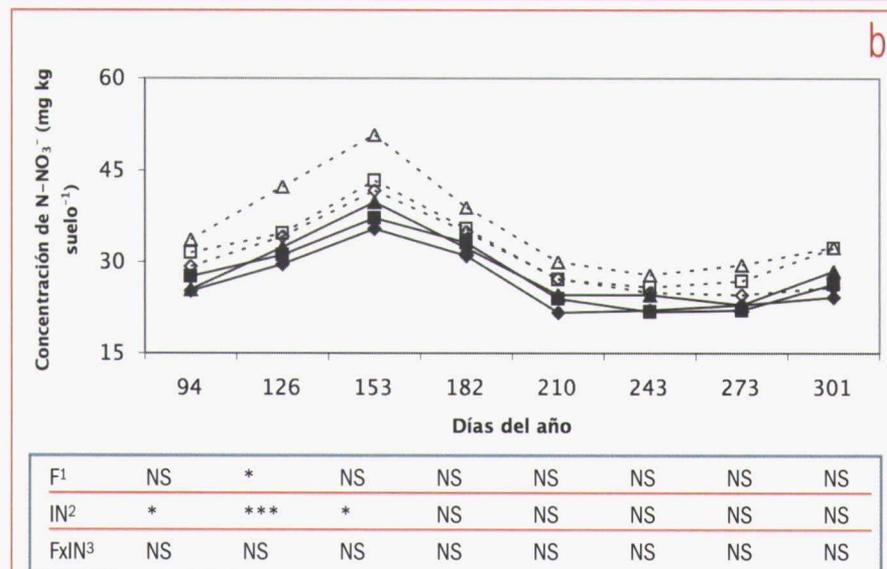
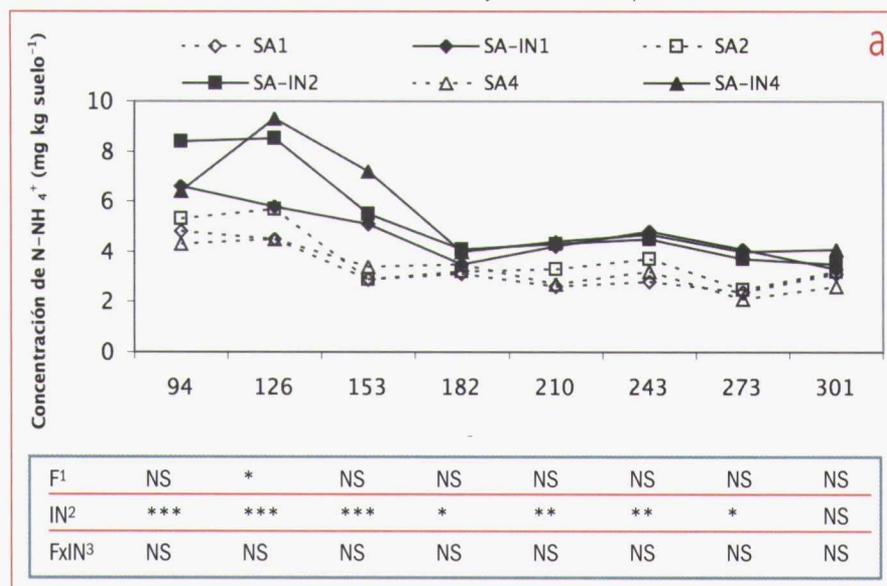
Como se ha indicado, se aplicó sulfato amónico (SA) sin y con inhibidor de la nitrificación (SA+IN) con una frecuencia de 1 (SA_1 y SA+IN_1), 2 (SA_2 y SA+IN_2) y 4 (SA_4 y SA+IN_4) veces al mes. Por tanto, el ensayo consistió en



Foto 2. Árboles tratados con sulfato amónico.

FIGURA 1.

Evolución estacional de la concentración de $N-NH_4^+$ y $N-NO_3^-$ en los primeros 20 cm de suelo.



Los valores presentados son las medias de cuatro repeticiones por tratamiento. SA₁ y SA+IN₁, SA₂ y SA+IN₂, SA₄ y SA+IN₄: Sulfato Amónico sin y con Inhibidor de la Nitrificación aportado 1, 2 y 4 veces al mes, respectivamente.

¹ Diferencias significativas entre tratamientos debidas a la frecuencia de aplicación (F).

² Diferencias significativas entre tratamientos debidas a la presencia del inhibidor de la nitrificación (IN).

³ Diferencias significativas entre tratamientos debidas a la interacción entre frecuencia de aplicación y presencia del inhibidor de la nitrificación (FxIN).

seis tratamientos con cuatro repeticiones de cuatro árboles cada una.

Muestras vegetales y suelo

Durante el primer año de ensayo, se recogieron muestras mensuales de suelo de entre 0-20 y 20-40 cm utilizando una barrena de 4 cm de diámetro. Cada muestra esta-

ba formada por doce submuestras (tres submuestras por árbol). El suelo se secó al aire y se tamizó mediante una malla de 2 mm de diámetro. Posteriormente, se almacenó a temperatura ambiente (22°C) hasta su posterior análisis de acuerdo con Breimer y Slangen (1981).

Mensualmente también se realizaron muestreos de hoja de primavera de ramas

sin fruto terminal, tomando diez hojas por árbol alrededor de la copa. Las hojas se lavaron con detergente no iónico y se enjuagaron, posteriormente, con agua destilada, se congelaron con nitrógeno líquido y se liofilizaron. Después se trituraron mediante un molinillo refrigerado y se almacenaron a 4°C hasta su análisis.

En noviembre de los tres años de ensayo, se recolectaron cuarenta frutos por repetición (diez frutos por árbol y se analizaron diferentes parámetros con el fin de evaluar la calidad comercial de la cosecha.

Procedimiento analítico

El N mineral del suelo (N como NO₃⁻ y NH₄⁺) se analizó mediante destilación con MgO y aleación de Devarda, respectivamente, utilizando KCl como agente extractante (Bremner, 1965a). El contenido en N total del material vegetal se determinó mediante el método Semi Micro-Kjeldahl descrito por Bremner (1965b). Los parámetros de calidad del fruto (peso, número de frutos por árbol, espesor de corteza, porcentaje de corteza y pulpa, peso del zumo, sólidos solubles totales, acidez total e índice de color) se midieron siguiendo los métodos descritos por Serna et al. (1992).

Análisis estadísticos de los datos

Los resultados obtenidos se analizaron mediante la técnica de análisis de varianza (ANOVA). La diferencia entre medias se determinó usando el test LSD-Fisher con un 95% de nivel de confianza.

Resultados y discusión

Variación estacional de la concentración de N en el suelo

Las figuras 1 y 2 muestran los valores de la concentración de NH₄⁺ y NO₃⁻, en el primer año de ensayo, en las dos capas superficiales (0-20 y 20-40 cm), ya que se corresponde con la mayor parte de N aprovechable por las raíces. Los cítricos presentan un sistema radical en profundidad formado por un pivote principal bien ramificado y con numerosas raíces fibrosas (Castle, 1980a). Estas últimas están normalmente concentradas en la superficie del suelo, sin embargo, se encuentran pocas raíces por debajo de 90 cm (Castle, 1980b; Zhang et al., 1996; Mattos et al., 2003). Serna et al. (1994 y 2000) mostraron que el 90% de las raíces fibrosas se localiza-

ban en los primeros 45 cm del perfil del suelo y el nitrato localizado por debajo de esta profundidad se podría perder por lixiviación. Por ello, la concentración de NH_4^+ y NO_3^- en los primeros 40 cm de suelo representan la mayor parte del N que puede ser absorbido por el sistema radical. Y, por tanto, los resultados obtenidos en este ensayo se podrían usar como un indicador de las posibles pérdidas de N-NO_3^- por lixiviación.

La concentración de N-NH_4^+ fue significativamente superior en los suelos tratados con DMPP que en aquellos que sólo recibieron SA, con independencia de la frecuencia de aplicación (**figuras 1 y 2**). Las diferencias más importantes entre tratamientos sin y con DMPP se encontraron en primavera, desde el 7 de abril (día 97) al 2 de junio (día 153), cuando la media de la temperatura ambiental (17°C) fue más suave que en el período posterior (23°C de media de junio a julio). Esto es debido a que la efectividad del DMPP desciende cuando se incrementa la temperatura del suelo (Slangen y Kerkhoff, 1984; Zerrulla *et al.*, 2001; Irigoyen *et al.*, 2003). En cuanto a la frecuencia de aplicación, la concentración de NH_4^+ fue menor conforme decreció la frecuencia, siendo las diferencias entre tratamientos estadísticamente significativas en los primeros 20 cm del suelo en el muestreo de mayo. Estas diferencias fueron mayores en los tratamientos con DMPP.

Los suelos que recibieron solo SA (en ausencia de IN) dieron lugar a concentraciones más elevadas de NO_3^- en las primeras capas, tal y como indicaron Carrasco y Villar, 2001; Wissemeyer *et al.*, 2001; Zerrulla *et al.*, 2001;

CUADRO I.

Efecto de los tratamientos sobre la concentración foliar de Fe (ppm) en árboles de Clementina de Nules¹.

Tratamiento	1 ^{er} año	2 ^o año	3 ^{er} año
SA ₁ ²	83,8b ⁸	94,2b	81,6b
SA+IN ₁ ³	92,3ab	97,0ab	86,2ab
SA ₂ ⁴	86,1b	94,8b	82,4b
SA+IN ₂ ⁵	89,2b	100,4a	89,2ab
SA ₄ ⁶	95,4ab	96,7b	84,8ab
SA+IN ₄ ⁷	103,8a	100,4a	92,3a
F ⁹	NS ¹²	NS	NS
IN ¹⁰	*	**	*
FxIN ¹¹	NS	NS	NS

¹ Valor medio de cuatro repeticiones.

^{2,3,4,5,6,7} SA₁ y SA+IN₁, SA₂ y SA+IN₂, SA₄ y SA+IN₄ sulfato amónico sin y con inhibidor de la nitrificación aportado 1, 2 y 4 veces al mes, respectivamente.

⁸ Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos para $P \leq 0.05$.

⁹ Diferencias significativas entre tratamientos debidas a la frecuencia de aplicación (F).

¹⁰ Diferencias significativas entre tratamientos debidas a la presencia del inhibidor de la nitrificación (IN).

¹¹ Diferencias significativas entre tratamientos debidas a la interacción entre frecuencia de aplicación y presencia del inhibidor de la nitrificación (FxIN).

¹² Factores no significativos para $P > 0.05$ (NS) y significativos para $P \leq 0.05$ (*) y $P \leq 0.01$ (**).

Muñoz-Carpena *et al.*, 2002. Esto podría incrementar la cantidad de NO_3^- acumulado en

Las hojas de los árboles con sulfato amónico + inhibidor de la nitrificación muestran concentraciones foliares de Fe más altas que los árboles que recibieron sólo sulfato amónico

las capas más profundas del suelo, el cual no ser absorbido por las plantas y podría originar un riesgo potencial de pérdidas de NO_3^- durante las lluvias intensas y/o por riegos excesivos. Las diferencias fueron estadísticamente significativas en el período del 7 de abril a 6 de junio, con incrementos en la concentración de NO_3^- , siguiendo una pauta similar al descenso del amonio observado previamente. A partir de septiembre, la concentración de este ión aumentó en todos los tratamientos, posiblemente debido al proceso de remineralización o por la disminución en la absorción de N por las plantas.

POTENCIA SALVAJE. BAJO CONSUMO. PUMA CVX.

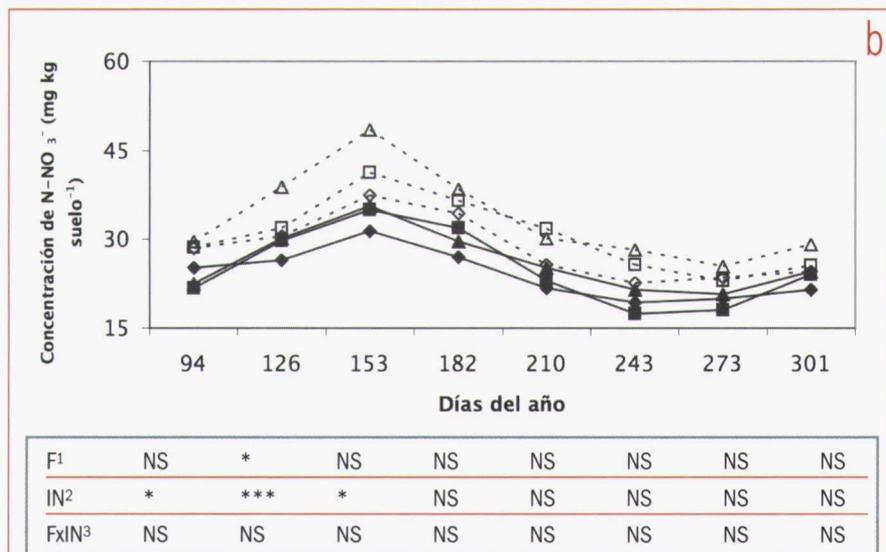
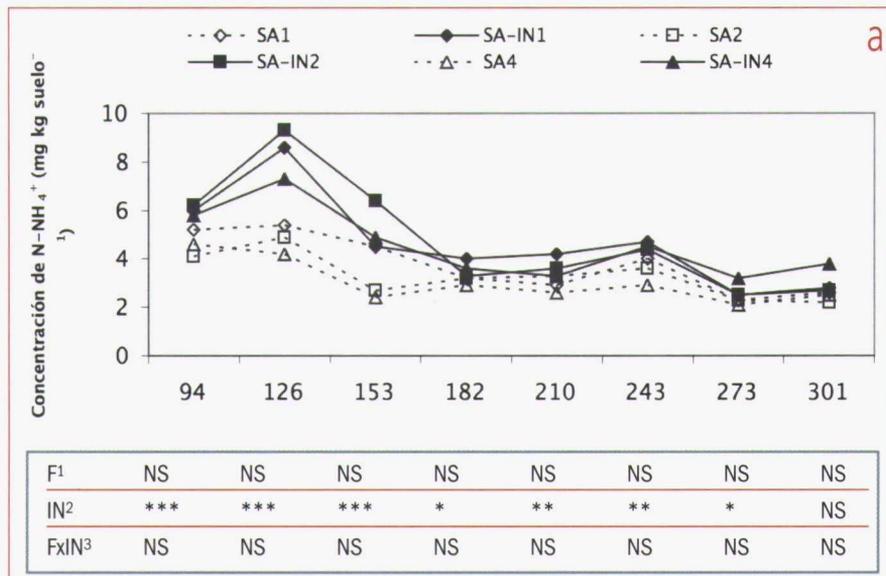
CASE II
AGRICULTURE



PUMA CVX
CON TRANSMISIÓN VARIABLE CONTINUA

FIGURA 2.

Evolución estacional de la concentración de N-NH₄⁺ y N-NO₃⁻ en los primeros 20-40 cm profundidad del suelo.



Los valores presentados son las medias de cuatro repeticiones por tratamiento. SA₁ y SA-IN₁, SA₂ y SA-IN₂, SA₄ y SA-IN₄: Sulfato Amónico sin y con Inhibidor de la Nitrificación aportado 1, 2 y 4 veces al mes, respectivamente.

¹ Diferencias significativas entre tratamientos debidas a la frecuencia de aplicación (F).

² Diferencias significativas entre tratamientos debidas a la presencia del inhibidor de la nitrificación (IN).

³ Diferencias significativas entre tratamientos debidas a la interacción entre frecuencia de aplicación y presencia del inhibidor de la nitrificación (FxIN).

Variación estacional de N y Fe en las hojas de la brotación de primavera

La frecuencia de aplicación más baja (una aplicación al mes) dio lugar a concentraciones significativamente menores de N (figura 3) durante el cuajado del fruto en el primer y segundo año de ensayo. Además,

la concentración de N fue significativamente más alta en los árboles que recibieron DMPP, permaneciendo dentro del rango normal de 2,4 y 2,7% (Legaz y Primo-Millo, 2000).

Serna et al. (2000) encontraron también mayor concentraciones foliares de N en árboles adultos de cítricos al adicionar DMPP al

nitrosulfato amónico. Bañuls et al. (2001) observaron la misma respuesta en árboles jóvenes abonados con SA+DMPP. Esto puede deberse a la mejora en la absorción de N por las plantas tratadas con fertilizantes amoniacales que llevan incorporado el DMPP, que mantienen más altas las concentraciones de NH₄⁺ en suelos que sin la adición de este inhibidor (Serna et al., 2000; Bañuls et al., 2001; Martínez-Alcántara et al., 2006).

De este modo se obtiene un aporte más prolongado de NO₃⁻ y a menor concentración en el suelo, lo que origina una reducción de las pérdidas de N por lixiviación de NO₃⁻ y desnitrificación.

La concentración estacional foliar de N decreció de mayo a junio e incrementó progresivamente hasta noviembre en los años primero y tercero. En el segundo (2001), se observó un fuerte descenso en octubre (figura 3) debido a un período de lluvias intensas que tuvo lugar durante ese mes (430 mm). Por esta razón, el 5% de la dosis correspondiente al mes de octubre no se aplicó y además, no se añadió el N aportado por el agua de riego ya que los árboles no se regaron. Además de esto, se desarrolló en los árboles una tercera brotación muy abundante que originó una removilización del N acumulado en las hojas de primavera.

Las hojas de los árboles con SA+IN muestran concentraciones foliares de Fe más altas que los árboles que recibieron sólo SA (cuadro I). Se conoce muy bien que la forma de aporte de N influye en el pH del suelo (Street y Sheat, 1958; Marschner, 1995; Tagliavini et al., 1995; Mengel y Kirkby, 2001). Estos autores indican que ratios altos de NH₄⁺/NO₃⁻ en los fertilizantes pueden inducir un descenso en el pH de la rizosfera por el proceso de nitrificación. La acidificación de la rizosfera asociada con un predominio de la forma NH₄⁺ inducida por los inhibidores de la nitrificación (Trolldenier, 1981; Thomson et al., 1993) mejora la nutrición al cambiar la disponibilidad de nutrientes como P, Fe, Mn, Zn, Cu y Al (Gahoonia, 1993; Pasda et al., 2001). Esto podría explicar las mayores concentraciones foliares de hierro encontradas en las hojas de los árboles que recibieron SA+IN.

Producción y calidad del fruto

El aporte de IN incrementó el número de frutos por árbol (cuadros II, III y IV) para todas las frecuencias de aplicación, siendo sig-

nificativo en el primer y segundo año de ensayo. El inhibidor DMPP también incrementó la producción final, siendo sólo significativa en el segundo año de experiencia, mientras que en el primer año, el descenso en el peso de fruto de los árboles abonados con DMPP originó un menor incremento en el total de la

cosecha. Estos parámetros no se vieron afectados por los tratamientos en el último año de estudio. La frecuencia de aplicación del DMPP ocasionó incrementos similares en la cosecha, 12, 10, y 10% en los tratamientos AS+NI₁, AS+NI₂, AS+NI₄, en comparación con los tratamientos AS₁, AS₂, AS₄, respecti-

vamente, para todos los años. Valores similares a los encontrados en este trabajo, en el número de frutos, fueron encontrados por Serna *et al.* (1992) al cambiar el ratio de NO₃⁻/NH₄⁺ aplicado en el rango de 75/25 a 0/100 a cítricos cultivados en arena. Serna *et al.* (1996a) obtuvieron incrementos de alrededor del 15% en cosecha, debido a un incremento en el número de frutos en cítricos fertilizados con DCD. Pasda *et al.* (2001) también observaron una respuesta similar en numerosos cultivos abonados con fertilizantes amoniacales y DMPP.

En los árboles tratados con la adición del inhibidor de la nitrificación (DMPP) se incrementó la cosecha y se mejoraron algunos parámetros de calidad del fruto

También se encontró un efecto significativo de la frecuencia de aplicación sobre el espesor de la corteza del fruto y los porcentajes de corteza y zumo. Mientras que los mayores valores de espesor de corteza y su porcentaje sobre el peso del fruto se encontraron al realizar cuatro aplicaciones al mes, la tendencia opuesta se observó en el porcentaje de zumo (**cuadros II, III y IV**). Estas diferencias fueron más marcadas en el segundo año de ensayo. Esto pudo deberse a las mayores concentraciones de N foliar encontrados en estos árboles. Embleton *et al.* (1973) señalaron una pauta similar en estos parámetros cuando la concentración de N foliar se incrementa de 2,0 a 2,6%. La aplicación de DMPP no dio lugar a efectos consistentes en estos parámetros. Los sólidos solubles totales (SST) mostraron valores significativamente mayores cuando se aplicó DMPP al fertilizante (**cuadros II, III y IV**). Sin embargo, los diferentes tratamientos no afectaron consistentemente a la acidez total ni al índice de madurez. Embleton *et al.* (1973) no encontraron un efecto consistente del DMPP sobre SST, acidez total e índice de madurez. Serna *et al.* (1992) observó un ligero efecto del ratio NO₃⁻/NH₄⁺ ratio sobre SST. En este sentido, Serna *et al.* (1996 a,b) no encontraron significativa la

CUADRO II.

Efecto de los tratamientos sobre la producción y diferentes parámetros de calidad del fruto de Clementina de Nules en el momento de la recolección (1er año de ensayo)¹.

Parámetros	SA ₁ ²	SA+IN ₁ ³	SA ₂ ⁴	SA+IN ₂ ⁵	SA ₄ ⁶	SA+IN ₄ ⁷	F ⁹	IN ¹⁰	FxIN ¹¹
Producción (t·ha ⁻¹)	62,4a ⁸	71,5a	72,2a	78,2a	64,7a	71,8a	NS12	NS	NS
Número frutos por árbol	622b	764ab	749ab	820a	611b	747ab	NS	*	NS
Peso fruto(g)	100,3ab	93,6c	96,4bc	95,4bc	105,9a	96,1bc	NS	**	NS
Espesor corteza (mm)	2,9ab	2,9ab	2,7b	2,7b	3,1a	2,9ab	*	NS	NS
Corteza (% en peso)	44,5b	47,8ab	46,0ab	44,3b	49,5a	47,7ab	*	NS	NS
Zumo (% en peso)	55,5a	52,2ab	54,0ab	55,7a	50,5b	52,3ab	*	NS	NS
Sólidos solubles totales, SST (%)	15,7c	17,2a	15,8bc	16,1abc	16,1abc	17,0ab	NS	*	NS
Acidez total, AT (%)	0,83a	0,85a	0,82a	0,85a	0,85a	0,84a	NS	NS	NS
Índice de madurez, SST/AT	18,8a	20,1a	19,3a	18,9a	19,0a	20,3a	NS	NS	NS
Índice de color, IC	10,7a	7,6b	10,4a	8,2b	7,2b	6,8b	***	***	NS

¹ Valor medio de cuatro repeticiones.

^{2,3,4,5,6,7} SA₁ y SA+IN₁, SA₂ y SA+IN₂, SA₄ y SA+IN₄ sulfato amónico sin y con inhibidor de la nitrificación aportado 1, 2 y 4 veces al mes, respectivamente.

⁸ Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos para P≤0.05.

⁹ Diferencias significativas entre tratamientos debidas a la frecuencia de aplicación (F).

¹⁰ Diferencias significativas entre tratamientos debidas a la presencia del inhibidor de la nitrificación (IN).

¹¹ Diferencias significativas entre tratamientos debidas a la interacción entre frecuencia de aplicación y presencia del inhibidor de la nitrificación (FxIN).

¹² Factores no significativos para P>0.05 (NS) y significativos para P≤0.05 (*), P≤0.01 (**), P≤0.001 (***).

CUADRO III.

Efecto de los tratamientos sobre la producción y diferentes parámetros de calidad del fruto de Clementina de Nules en el momento de la recolección (2º año de ensayo)¹.

Parámetros	SA ₁ ²	SA+IN ₁ ³	SA ₂ ⁴	SA+IN ₂ ⁵	SA ₄ ⁶	SA+IN ₄ ⁷	F ⁹	IN ¹⁰	FxIN ¹¹
Producción (t·ha ⁻¹)	60,1bc ⁸	69,0ab	64,8abc	72,6a	57,6c	66,2abc	NS12	*	NS
Número frutos por árbol	658ab	726ab	712ab	787a	611b	699ab	NS	*	NS
Peso fruto(g)	91,3a	95,0a	91,0a	91,5a	94,3a	94,7a	NS	NS	NS
Espesor corteza (mm)	2,8b	2,7b	2,8b	2,7b	2,8b	2,9a	*	NS	NS
Corteza (% en peso)	58,4a	56,5ab	53,5b	53,4b	58,8a	58,7a	***	NS	NS
Zumo (% en peso)	41,6b	43,5ab	46,5a	46,6a	41,2b	41,3b	***	NS	NS
Sólidos solubles totales, SST (%)	14,1ab	14,3a	13,8b	14,4a	14,3a	14,5a	NS	*	NS
Acidez total, AT (%)	1,19a	1,21a	1,08a	1,16a	1,27a	1,25a	NS	NS	NS
Índice de madurez, SST/AT	11,8a	11,9a	13,2a	12,4a	11,3a	11,6a	NS	NS	NS
Índice de color, IC	12,2a	8,3b	12,8a	8,9b	7,7a	7,6b	***	**	NS

¹ Valor medio de cuatro repeticiones.

^{2,3,4,5,6,7} SA₁ y SA+IN₁, SA₂ y SA+IN₂, SA₄ y SA+IN₄ sulfato amónico sin y con inhibidor de la nitrificación aportado 1, 2 y 4 veces al mes, respectivamente.

⁸ Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos para P≤0.05.

⁹ Diferencias significativas entre tratamientos debidas a la frecuencia de aplicación (F).

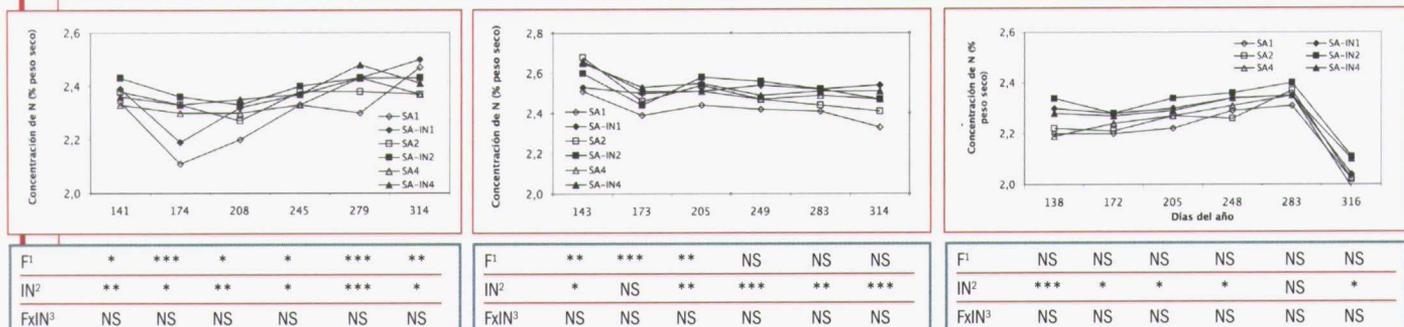
¹⁰ Diferencias significativas entre tratamientos debidas a la presencia del inhibidor de la nitrificación (IN).

¹¹ Diferencias significativas entre tratamientos debidas a la interacción entre frecuencia de aplicación y presencia del inhibidor de la nitrificación (FxIN).

¹² Factores no significativos para P>0.05 (NS) y significativos para P≤0.05 (*), P≤0.01 (**), P≤0.001 (***).

FIGURA 3.

Evolución estacional de la concentración de nitrógeno foliar en las hojas de la brotación de primavera sin frutos terminales, muestreadas a lo largo del ciclo vegetativo.



Los valores presentados son las medias de cuatro repeticiones por tratamiento. SA₁ y SA+IN₁, SA₂ y SA+IN₂, SA₄ y SA+IN₄: Sulfato Amónico sin y con Inhibidor de la Nitrificación aportado 1, 2 y 4 veces al mes, respectivamente.

- ¹ Diferencias significativas entre tratamientos debidas a la frecuencia de aplicación (F).
- ² Diferencias significativas entre tratamientos debidas a la presencia del inhibidor de la nitrificación (IN).
- ³ Diferencias significativas entre tratamientos debidas a la interacción entre frecuencia de aplicación y presencia del inhibidor de la nitrificación (FxIN).

adición de DCD al nitrosulfato amónico. Por otro lado, los frutos de árboles tratados con DMPP presentaron índices de color significativamente más bajos todos los años de estudio. La mayor frecuencia originó índices más bajos de color del fruto. Estos valores más bajos de IC también fueron observa-

dos por Serna *et al.* (1992) al descender la relación NO₃⁻/NH₄⁺. La nutrición amoniacal puede ser la responsable del color verde de la fruta, ya que la aplicación de NH₄⁺ en cítricos retrasa la degradación de la clorofila (Huff, 1983). El ligero retraso en el cambio de color del fruto observado en los árboles de DMPP

podría ser un ventaja económica para las variedades de media estación y tardías.

Conclusiones

Podemos concluir de los resultados obtenidos que la adición del inhibidor de la nitrificación (DMPP) al sulfato amónico a cítricos regados mediante riego a goteo incrementa la concentración foliar de N y Fe, a la vez que incrementa la cosecha y mejora algunos de los parámetros de calidad del fruto. Además, la presencia de DMPP originó menores concentraciones de N-NO₃⁻ en las capas más profundas del suelo, lo que puede dar lugar a una reducción del riesgo potencial de contaminación de las aguas subterráneas por lixiviación de nitratos. ●

Agradecimientos

Nos gustaría agradecer la ayuda recibida por Hijos de Vicente Climent S.A. y a la compañía BASF Española S.A. por su soporte económico. También queremos agradecer la asistencia técnica de B. Martín, M.C. Prieto, J. Giner, J.B. Alberola y A. Este trabajo ha sido financiado por los proyectos INIA SC97-104 y RTA01-116.

Bibliografía

Existe una amplia bibliografía a disposición de nuestros lectores que pueden solicitar en el e-mail: redaccion@eumedia.es

CUADRO IV.

Efecto de los tratamientos sobre la producción y diferentes parámetros de calidad del fruto de Clementina de Nules en el momento de la recolección (2º año de ensayo)¹.

Parámetros	SA ₁ ²	SA+IN ₁ ³	SA ₂ ⁴	SA+IN ₂ ⁵	SA ₄ ⁶	SA+IN ₄ ⁷	F ⁹	IN ¹⁰	FxIN ¹¹
Producción (t·ha ⁻¹)	65,8a ¹¹	69,7a	69,2a	75,4a	67,2a	70,6a	NS ¹²	NS	NS
Número frutos por árbol	625a	660a	680a	723a	614a	668a	NS	NS	NS
Peso fruto (g)	105,3a	105,6a	101,8a	104,3a	109,4a	105,7a	NS	NS	NS
Espesor corteza (mm)	3,07b	3,21b	3,16b	3,12b	3,20b	3,52a	**	NS	NS
Corteza (% en peso)	54,1bc	53,0c	54,1bc	59,5a	59,4a	56,8ab	**	NS	NS
Zumo (% en peso)	45,9a	47,0a	45,9a	40,5b	40,6b	43,2ab	*	NS	NS
Sólidos solubles totales, SST (%)	13,2ab	13,5a	13,2ab	13,4ab	13,2ab	13,3b	NS	*	NS
Acidez total, AT (%)	0,85a	0,84a	0,84a	0,84a	0,89a	0,88a	NS	NS	NS
Índice de madurez, SST/AT	15,6a	16,1a	15,8a	16,0a	14,8a	15,0a	NS	NS	NS
Índice de color, IC	9,24a	6,85bc	7,97ab	7,51abc	7,73abc	5,88c	*	*	NS

¹ Valor medio de cuatro repeticiones.
^{2,3,4,5,6,7} SA₁ y SA+IN₁, SA₂ y SA+IN₂, SA₄ y SA+IN₄ sulfato amónico sin y con inhibidor de la nitrificación aportado 1, 2 y 4 veces al mes, respectivamente.
⁸ Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos para P≤0.05.
⁹ Diferencias significativas entre tratamientos debidas a la frecuencia de aplicación (F).
¹⁰ Diferencias significativas entre tratamientos debidas a la presencia del inhibidor de la nitrificación (IN).
¹¹ Diferencias significativas entre tratamientos debidas a la interacción entre frecuencia de aplicación y presencia del inhibidor de la nitrificación (FxIN).
¹² Factores no significativos para P>0.05 (NS) y significativos para P≤0.05 (*), P≤0.01 (**) y P≤0.001 (***).