

Ensayo del comportamiento del nitrógeno en planta-suelo-agua

Se realizó en cítricos estudiando la dinámica en planta y suelo

El empleo de fertilizantes nitrogenados enriquecidos con ^{15}N permite una cuantificación exhaustiva de la absorción estacional de N por la planta, su traslocación y distribución entre sus diferentes órganos, así como el destino final en el sistema planta-suelo del N aplicado. Por ello, el objetivo de este trabajo fue conocer no sólo la recuperación del N aplicado al sistema planta-suelo-agua, sino su dinámica en la planta y el suelo a lo largo del ciclo vegetativo.

Ana Quiñones, Belén Martínez-Alcántara, Eduardo Primo-Millo y Francisco Legaz.

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

El objetivo general de la fertilización nitrogenada es incrementar la fertilidad natural del suelo, tratando de suplir las necesidades nutritivas inmediatas de los cultivos que no pueden ser atendidas por las reservas de la planta y del suelo. Los cítricos demandan en cantidad superior los fertilizantes nitrogenados que otros cultivos, ya que el N influye en mayor medida sobre el crecimiento y la producción que otros nutrientes. Durante las últimas décadas, se vienen aplicando dosis excesivas de N debido a la insuficiencia de criterios racionales de abonado. Esta práctica ha ocasionado tres grandes problemas en las zonas de agricultura intensiva: un deterioro de la calidad comercial del fruto para su consumo en fresco, una disminución de la rentabilidad de los cultivos y un aumento alarmante de la concentración del ión nitrato en las aguas subterráneas (Legaz y Primo-Millo, 1992; Schmidt y Nieman, 1997; MMA, 1999). Por estas razones es muy importante ajustar la dosis de N y el momento de su aplicación con la demanda estacional de la planta. Por ello, los estudios han de orientarse hacia los numerosos procesos en los que está implicado el N en el sistema planta-suelo-agua, para asegurar una agricultura sostenible, competitiva y en equilibrio con el medioambiente. El uso de la técnica de marcado isotópico con ^{15}N facilita el conocimiento de todos estos procesos. El empleo de fertilizantes nitrogenados enriquecidos con ^{15}N permite una cuantificación exhaustiva de la absorción estacional de N por la planta, su traslocación y distribución entre sus diferentes órganos, así como el destino final en el sistema planta-suelo del N aplicado (Akao et al., 1978; Feingenbaum et al., 1987; Martínez et al., 2002).

Por todo esto, el objetivo de este trabajo fue conocer no sólo la recuperación del N aplicado en el sistema planta-suelo-agua, sino su dinámica en la planta y el suelo a lo largo del ciclo vegetativo.

Material y métodos

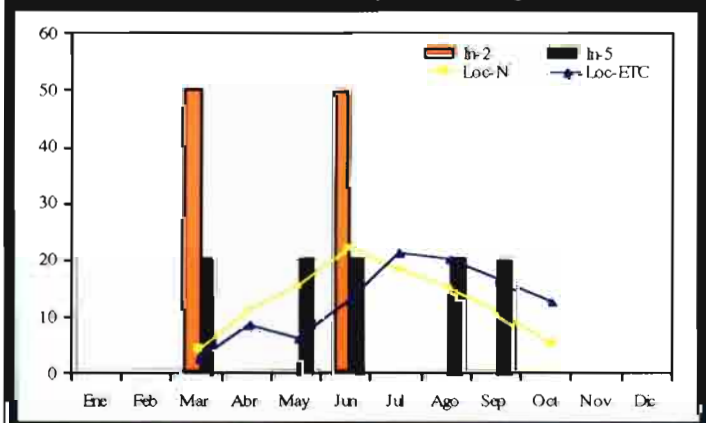
Material

El ensayo se llevó a cabo con doce árboles homogéneos de ocho años de edad, de la variedad Navelina (*Citrus sinensis* (L) Osbeck) injertados sobre citrange Carrizo (*Citrus sinensis* x *Poncirus trifoliata*). Las plantas se cultivaron al aire libre en contenedores hexagonales con 3,4 m³ de capacidad (3,8 m² de superficie y 1 m de profundidad). Éstos se llenaron hasta una altura de 90 cm con un suelo franco arcillo-arenoso (67,5% de arena; 10,8% de limo; 21,7% de arcilla, pH 7,9 y 0,6% de materia orgánica). Con el fin de controlar las posibles salidas de nitrato del sistema suelo-planta, se instaló en cada contenedor un lisímetro bajo el nivel del suelo para la recogida del agua de drenaje.

Desarrollo experimental

Los árboles se distribuyeron al azar, en el área experimental, en cuatro bloques de tres árboles cada uno y se abonaron con una dosis de 175 g de N siguiendo los criterios de abonado establecidos por Legaz y Primo-Millo (1988). Esta dosis se suministró con 125 g de N como nitrato potásico marcado con el 7% de átomos de ^{15}N en exceso ($^{15}\text{N-KNO}_3$). Esto significa que el N del fertilizante contiene una proporción de ^{15}N un 7% superior al de la abundancia natural (0,3663% de átomos de ^{15}N). Los 50 g de N restantes se aportaron con el nitrato procedente del agua de riego, que se calculó según la fórmula descrita por Legaz y Primo-Millo (1988) y por Martínez et al. (2002). Para el riego de los árboles se utilizaron dos sistemas de riego, de forma que el N del fertilizante se distribuyó a lo largo del ciclo vegetativo según el sistema empleado (figura 1). En riego por inundación se realizaron 2 y 5

FIGURA 1.
Distribución de la dosis de N a lo largo del ciclo vegetativo





Para cuantificar el contenido en nitrógeno de los órganos caídos se colocó una malla de 6 m² en cada hexágono.

aplicaciones iguales de N (tratamientos In-2 e In-5, respectivamente). En riego localizado por goteo se efectuaron 66 aportes con 2 distribuciones mensuales diferentes. En el tratamiento Loc-N se fijó un porcentaje mensual de la dosis de acuerdo con la curva de absorción estacional de N establecida en cítricos (Legaz et al., 1983). En cambio, en el tratamiento Loc-ETc se fijó una cantidad constante de N por cada litro de agua aplicado. En este caso, el porcentaje de distribución mensual dependió de la demanda evaporativa del cultivo.

Los requerimientos de agua se calcularon de acuerdo con la metodología propuesta por la FAO (Dorenbos y Pruitt, 1990) y la Kc se obtuvo en función del porcentaje de área sombreada (Castel, 1991). Las necesidades de agua se cubrieron con la lluvia efectiva (lluvias menores de 3 y mayores de 80 mm), que alcanzaron los 1.235 litros/árbol, y con el agua de riego, con la que se suministraron 6.498 y 5.649 litros para cada uno de los árboles con riego por inundación y goteo, respectivamente. La diferencia del 15% entre ambos sistemas se debió a la mayor eficiencia en el uso del agua del riego por goteo, que algunos autores cifran entre un 12 y 21% (Manjunatha et al., 2000 y Tekinel et al., 1989).

A fin de cuantificar el contenido en nitrógeno de los órganos caídos (pétalos, ovarios-cálices-frutos en desarrollo y hojas viejas) se colocó una malla de 6 m² en cada hexágono (foto 1) y quincenalmente se recogieron estos órganos desde principios de la floración (principios de abril) hasta final del cuajado del fruto (mitad de julio).

Para estudiar la dinámica del N aplicado en el sistema planta-suelo se realizaron muestreos mensua-

les de material vegetal (frutos en desarrollo y hojas de las nuevas brotaciones) y de suelo a diferentes profundidades (0-15, 15-30, 30-45, 45-60 y 60-90 cm).

Los árboles se extrajeron de los contenedores al final de diciembre y se separó la parte aérea y la radical. Se pesaron ambas y se tomaron muestras de los órganos jóvenes y de los viejos. En este momento también se realizó el último muestreo de suelo.

Determinaciones analíticas

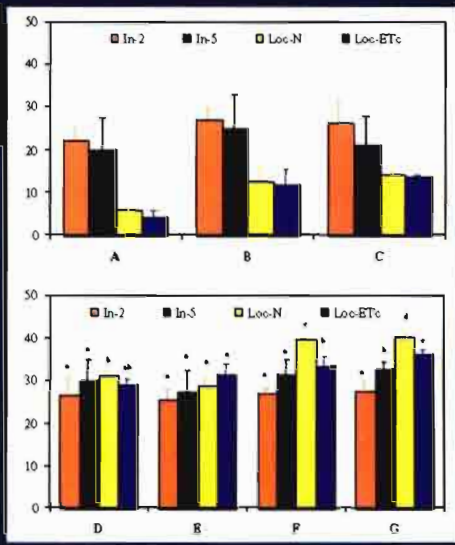
El N total se determinó en la materia vegetal y el suelo mediante el método semimicro de Kjeldahl descrito por Bremner (1965). El análisis del N mineral del suelo (N nítrico y amoniacal) se realizó siguiendo la metodología descrita por Raigón et al. (1992) mediante Flow Inyection Analysis (Aquatec 5400 de Teator). El N orgánico del suelo se calculó por diferencia entre el N total y la suma del N nítrico y amoniacal (método Kjeldahl descrito por Bremner en 1996). Por último, para la determinación de la composición isotópica del nitrógeno de las diferentes formas citadas se utilizó un espectrómetro de emisión (Jasco-15) según los métodos descritos por Hauck y Bremner (1976). Los análisis de calidad del fruto se realizaron de acuerdo con la metodología descrita por González-Sicilia (1968).

Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante un análisis de varianza (ANOVA); las diferencias estadísticas entre las medias de los cuatro tratamientos se determinaron mediante LSD-Fisher-test (P<0,05) en todos los parámetros. El resto de resultados se presentan en las figuras como valor medio ± desviación estándar.

FIGURA 2.

Porcentajes de N derivado del fertilizante en diferentes épocas y órganos. 24 abril (A: Hojas primavera); 26 mayo (B: Hojas primavera; C: Frutos en fase de cuajado); 27 diciembre (D: Hojas primavera; E: Frutos maduros; F: Hojas verano; G: Hojas otoño). Cada valor es la media de 3 repeticiones ± desviación estándar. Las letras distintas en cada órgano indican medias significativamente diferentes según LSD-Fisher test (P<0.05).



Resultados y discusión

Dinámica estacional del N derivado del fertilizante en órganos jóvenes

El N derivado del fertilizante (Nddf) indica la relación entre el N absorbido del fertilizante por cada órgano con respecto a su contenido en N total y se expresa en porcentaje.

Al final de la floración (24 de abril), el Nddf contribuyó al desarrollo de nuevos órganos (hojas de primavera) con mayores porcentajes conforme aumentó la cantidad del N aplicada, con independencia del sistema de riego y de la forma de distribución estacional de la dosis de N (figura 2). Así, los porcentajes de Nddf en las hojas de primavera fueron del 22,3 (In-2) y 20,2% (In-5) en riego por inundación, y del 6,0 (Loc-N) y 4,4% (Loc-ETc) en goteo. En la fase de cuajado del fruto (26 de mayo), se encontraron los Nddf siguientes: 26,4 y 21,2 en In-2 y In-5, respectiva-

mente, y 14,2 y 13,5 en Loc-N y Loc-ETc, respectivamente. En estas dos épocas no se realizó un análisis estadístico, debido a que la cantidad de N aplicada fue diferente para cada tratamiento (figura 1). Esta información sugiere que aportes muy bajos de N durante las épocas citadas contribuirían en menor cuantía al desarrollo de los órganos jóvenes. Esto implicaría, por tanto, una mayor traslocación hacia éstos del N acumulado en los órganos viejos de reserva, lo cual sería problemático en plantaciones con bajo contenido en reservas nitrogenadas.

Un trabajo anterior que se puede consultar es Martínez JM, Bañuls J, Quiñones A, Martín B, Primo-Millo E and Legaz F (2002) Fate and transformations of ^{15}N labelled nitrogen applied in spring to Citrus trees. *J. Horticultural Science and Biotechnology*. 77(3), 361-367.

En las plantas extraídas al final de diciembre, los porcentajes de Nddf en las hojas de primavera fueron similares en los tratamientos In-2, In-5 y Loc-ETc y significativamente superiores en el tratamiento Loc-N (figura 2). Los aportes más tardíos y continuos en riego por goteo (tratamientos Loc-N y Loc-ETc) contribuyeron en mayor medida al contenido en N de las hojas de las brotaciones de verano y otoño que aplicaciones puntuales en riego por inundación (tratamientos In-2 e In-5). De este modo, en riego por goteo se alcanzaron valores medios para ambos tratamientos del 36,7 y 38,5% respectivamente, mientras que en inundación los valores fueron del 29,3% para las de verano y 30,3% para las de otoño. Por tanto, con el riego localizado, el N acumulado en las hojas de verano y de otoño se incrementó una media del 8% con respecto a los tratamientos de riego por inundación. Esta información indica que con los aportes más retrasados de N se aumentó el N reserva disponible para el siguiente ciclo vegetativo. Por otro lado, los %Nddf en el fruto aumentaron progresivamente (aunque de forma no significativa) conforme se retrasaron los aportes de N.

Distribución del N absorbido del fertilizante en diferentes órganos

El N absorbido del fertilizante (Nadf) indica la relación entre el N absorbido del fertilizante por cada órgano con respecto a la cantidad total de N absorbida por la planta y se expresa en porcentaje.

En la figura 3 se presentan los porcentajes de distribución del Nadf en diferentes grupos de órganos al final del ciclo vegetativo. Los mayores porcentajes se alcanzaron en los órganos jóvenes de los tratamientos In-2 e In-5, cuando el N se aplicó mayoritariamente en períodos de activo desarrollo reproductivo vegetativo. Pero, a medida que los aportes mayoritarios se retrasaron hasta épocas de mayor absorción de N (tratamiento Loc-N), se encontró un porcentaje de Nadf significativamente superior al obtenido en el resto de tratamientos, en los órganos viejos (hojas y ramas) de este tratamiento. Finalmente, los aportes más retrasados de N (Loc-ETc) ocasionaron porcentajes más elevados en el sistema radical y de forma significativa en las raíces fibrosas.

En este sentido, también se puede consultar la referencia bibliográfica Kubota S, Kato T, Akao S and Bunya C (1976) ^{15}N absorption and traslocation by Satsumas mandarin trees. III. Behaviour of nitrogen supplied in early spring. *Bull. Shikoku Agric. Exp. Stn.* 29, 49-54.

Dinámica estacional del nitrato procedente del fertilizante en el suelo

Las figuras 4 A y B muestran los cambios estacionales en la concentración de ^{15}N (% de átomos en exceso) en forma de ión ni-

FIGURA 3.

Porcentajes de N absorbido del fertilizante al final del ensayo (27 diciembre). Cada valor es la media de 3 repeticiones \pm desviación estandar. Las letras distintas en cada órgano indican medias significativamente diferentes según LSD-Fisher test ($P \leq 0.05$).

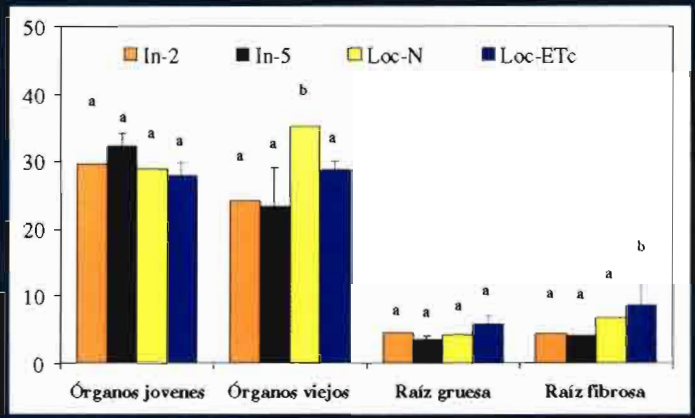
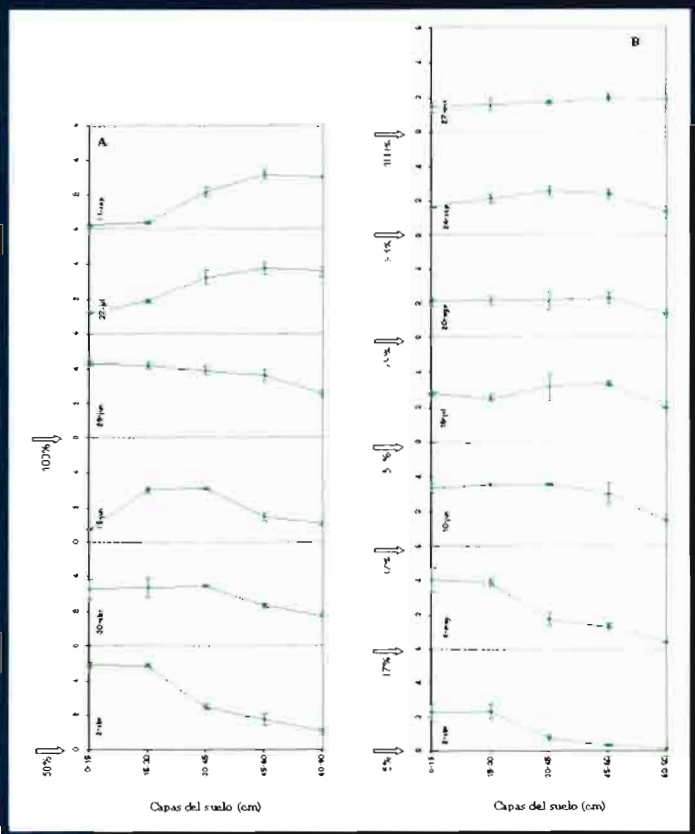


FIGURA 4.

Dinámica estacional de la concentración de $^{15}\text{N-NO}_3^-$ en las distintas capas del suelo. Cada valor es la media de 3 repeticiones \pm desviación estandar. Las flechas indican el porcentaje de N aplicado acumulado a final de mes. Figura A: In-2 y B: Loc-N.



trato en el perfil del suelo en dos de los cuatro tratamientos realizados. Sólo se presentan los datos de los tratamientos In-2 (A) y Loc-N (B), ya que las dinámicas para los tratamientos In-5 y el Loc-ETc fueron similares a las dos expuestas en esta figura, respecti-

ABONOS ESTABILIZADOS

NITRÓGENO

ENTE[®]TEC

ECOLOGÍA

TECNOLOGÍA

LA ÚLTIMA TECNOLOGÍA PARA UNA FERTIRRIGACIÓN MÁS EFICAZ

ENTE[®]TEC es una gama de abonos solubles y líquidos con la tecnología más avanzada en fertirrigación que permite aportar nitrógeno estabilizado. Los abonos **ENTE[®]TEC** contienen un inhibidor de la nitrificación, el DMPP*, desarrollado por BASF, que asegura la estabilidad del nitrógeno en el suelo en una forma absorbible por la planta. De este modo, **ENTE[®]TEC** permite un mejor aprovechamiento del nitrógeno en fertirrigación aumentando el rendimiento de los cultivos y la calidad de las cosechas, reduciendo al mismo tiempo, la contaminación por nitratos.

*Autorizado por el M.A.P.A. según orden del 02/11/99

Abonos solubles:

ENTE[®]TEC Solub 21
ENTE[®]TEC Solub 14-48
ENTE[®]TEC Solub 16-10-17
ENTE[®]TEC Solub 20-5-10
ENTE[®]TEC Solub 14-8-30

Abonos líquidos:

ENTE[®]TEC Fluid 20
ENTE[®]TEC Fluid 25
ENTE[®]TEC Fluid 5-3-7
ENTE[®]TEC Fluid 10-3-5

Tecnología **BASF**

Expertos en nutrición vegetal

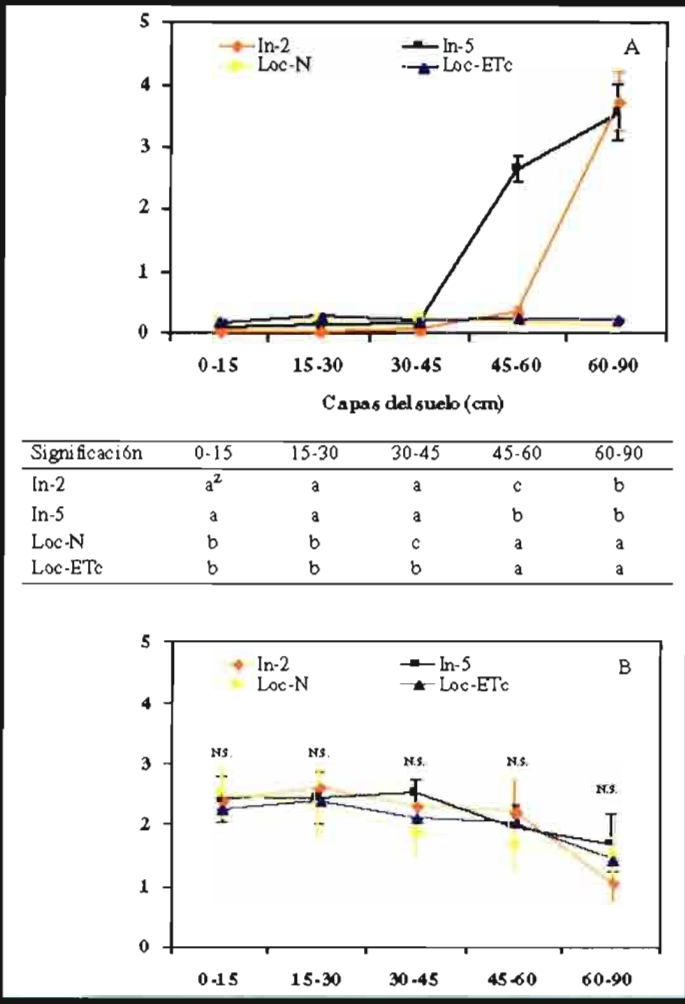
COMPO Agricultura
Joan d'Àustria, 39-47
08005 Barcelona
Tel. 93 224 72 22
Fax 93 221 41 55



www.compo.es

FIGURA 5.

Porcentajes de N retenido como nitrato (A) y orgánico (B) procedente del fertilizante en el perfil del suelo al final del ensayo (27 de diciembre). Cada valor es la media de 3 repeticiones \pm desviación estandar. ^ZDiferencias estadísticas entre medias. Los valores de cada columna con distinta letra indican medias significativamente diferentes según LSD-Fisher test ($P \leq 0.05$).



vamente. El porcentaje de átomos de ¹⁵N en exceso (% de enriquecimiento en ¹⁵N) se ha obtenido por diferencia entre el valor obtenido con el espectrómetro de emisión y la abundancia natural de ¹⁵N (0,3663 \pm 0,0004 % de átomos con ¹⁵N) según Junk y Svec (1958).

En el tratamiento In-2 (figura 4A) se aprecia que, después de aplicar la mitad de la dosis del nitrato potásico (con un porcentaje de átomos de ¹⁵N en exceso del 7%) y regar inmediatamente, el enriquecimiento de ¹⁵N-NO₃⁻ alcanzó valores de hasta 4,9% en las 2 primeras capas (0-15 y 15-30 cm) en el muestreo del 2 de abril. Este descenso del enriquecimiento se debió al efecto de dilución isotópica ocasionado por el N presente en el suelo y el aportado con el agua de riego. Por otro lado, en la capa más profunda del suelo, el enriquecimiento en ¹⁵N no sobrepasó el 1,0% debido a que el agua de riego arrastró una menor proporción del nitrato aplicado. En los dos muestreos posteriores, se observó una drástica disminución de la concentración de ¹⁵N en la capa superficial y un notable aumento en la segunda y tercera capa.

Tras el segundo aporte del fertilizante (finales de junio), se

mantuvo una pauta similar a la descrita en la primera aplicación. El enriquecimiento de ¹⁵N volvió a aumentar después del aporte, tanto en las capas superficiales como en las profundas; aunque en estas últimas en mayor proporción que en la primera aplicación, debido al ¹⁵N residual. De igual manera, con los riegos posteriores, el ión nitrato percoló hacia capas más profundas, alcanzándose enriquecimientos de alrededor del 3,0% en las 2 últimas capas (45-60 y 60-90 cm) en el muestreo de mitad de septiembre.

En el muestreo del principio de abril del tratamiento Loc-N (figura 4B), se obtuvieron enriquecimientos del 2,3% en las dos primeras capas y éstos decrecieron con la profundidad, hasta un 0,1% en la última capa. En los muestreos siguientes, tras aportes continuos del abono, la concentración de ¹⁵N aumentó en las capas superficiales hasta el 4,0% al principio de mayo, y posteriormente disminuyó de forma progresiva hasta el 1,6% en las dos primeras capas (finales de octubre). Al igual que en el tratamiento In-2, a partir del muestreo de junio, el ¹⁵N se acumuló en profundidad con riegos posteriores, aunque se alcanzó una menor acumulación en el riego localizado, posiblemente debido al mayor fraccionamiento del fertilizante y al menor aporte de agua.

Este comportamiento generalizado de acumulación inicial del ión nitrato en las capas superficiales y su posterior lixiviación hacia las más profundas fue similar al encontrado por Mansell et al. (1986) en cítricos. Estos autores observaron que la concentración de NO₃⁻ marcado fue mayor en las capas superficiales que en las profundas a los 12 días de la aplicación de sulfato amónico marcado con ¹⁵N en distintos suelos y con riego por aspersión. Sin embargo, a los 42 días se apreció un aumento de este anión a partir de 30 cm de profundidad. Otros autores también encontraron resultados similares en diferentes cultivos (Vanden Heuvel et al., 1991).

N retenido en el perfil del suelo al final del ensayo

La figura 5 A y B presenta los porcentajes del N retenido en las diferentes capas como nitrato y orgánico con respecto a la cantidad total de N suministrada con el fertilizante. En riego por goteo (Loc-N y Loc-ETc), en la zona donde se observó un mayor desarrollo de raíces absorbentes (0 a 45 cm), se encontraron porcentajes residuales de N en forma de nitrato significativamente superiores a los obtenidos en los tratamientos In-2 e In-5 (análisis estadístico al pie de la figura 5A). Sin embargo, en la zona de menor densidad del sistema radical (45-90 cm) se observó un comportamiento opuesto al descrito, ya que las retenciones fueron significativamente inferiores en los tratamientos de goteo. No aparecieron diferencias significativas entre los porcentajes de N retenido en forma orgánica en los cuatro tratamientos (figura 5B).

Esta menor acumulación residual de nitrato en el riego a goteo a lo largo del perfil del suelo debe considerarse ventajosa frente al riego por inundación desde el punto de vista medioambiental. Bingham et al. (1971), Sanchís (1991) y Legaz y Primo-Millo (1992) afirman que la principal fuente de contaminación por nitrato son los lixiviados de las zonas de agricultura intensiva, ya que el ión nitrato excedente puede lavarse hacia capas más profundas por riegos excesivos o lluvias intensas y contaminar los acuíferos. De modo que, el riego a goteo se presenta como un sistema racional de abonado en cítricos, por la aplicación controlada de N, reducción en los aportes de agua y menor riesgo de contaminación.

La inmovilización del N aplicado en la fracción orgánica del suelo en ambos sistemas de riego no se debe considerar como

una pérdida real de N, ya que por su posterior remineralización se transformará en N asimilable para las plantas (Legaz et al., 1994).

N recuperado del fertilizante en el sistema planta-suelo-agua

El N recuperado del fertilizante (Nrdf) indica la relación entre el N absorbido por la planta y los órganos caídos, el retenido en el perfil del suelo y el perdido con el agua de drenaje con respecto a la cantidad total de N suministrada con el fertilizante y se expresa en porcentaje.

En el **cuadro I** se presenta el Nrdf en el sistema completo al final del ciclo vegetativo. Las eficiencias de absorción del N por la planta alcanzaron el 75,0 y 70,7% del N aplicado en Loc-N y Loc-ETc, respectivamente, y el 62,6 y 63,2%, en In-2 e In-5, respectivamente. Los mayores porcentajes de Nrdf se obtuvieron en los árboles regados a goteo con la aplicación de N según la curva de absorción estacional de N en cítricos (Loc-N). Esta información es muy útil para establecer una correcta dosificación de la fertilización nitrogenada, ya que el consumo anual de N por el arbolado se incrementa en función de la eficiencia de absorción de los fertilizantes utilizados.

Los valores del Nrdf encontrados en la bibliografía fueron inferiores a éstos, ya que la mayor parte de los estudios sobre la eficiencia de absorción del N se han hecho en períodos de marcado notablemente inferiores al ciclo vegetativo completo de los cítricos. Feigenbaum et al. (1987) encontraron eficiencias del 56,6% en naranjos adultos Shamouti abonados con nitrato potásico, en riego por goteo, en un período de marcado inferior a un ciclo. En el trabajo de Martínez et al. (2002) obtuvieron eficiencias del 34,9 y 33,9% en un suelo arenoso y otro franco, respectivamente, durante un ciclo completo.

Los porcentajes de Nrdf por los órganos caídos dependieron en gran medida de la cuantía del N aplicado durante el desarrollo de éstos; así, en los árboles regados por inundación se recuperaron cantidades significativamente superiores (2,9 y 2,3%, respectivamente) a los del riego localizado (1,6% en ambos tratamientos). Esto se debió a que al final de su período de caída, los porcentajes del N aplicado fueron los siguientes: 100% en el tratamiento In-2, frente al 60, 51 y 30% en In-5, Loc-N y Loc-ETc, respectivamente. Martínez et al. (2002) encontraron valores de 3,5 y 1,3% del N aplicado a un suelo arenoso y otro franco, respectivamente.

La mayor parte del Nrdf en el suelo se encontró en forma orgánica y una pequeña fracción en forma nítrica. Los porcentajes

CUADRO I. NITRÓGENO RECUPERADO DEL FERTILIZANTE EN EL SISTEMA PLANTA-SUELO-AGUA

Tratamientos	% N recuperado ²				Nivel significación ¹
	In-2	In-5	Loc-N	Loc-ETc	
Planta	62.6±6.4 a	63.2±8.5 a	75.0±2.7 b	70.7±3.1 a	*
Órganos caídos	2.9±0.4 b	2.3±0.4 b	1.6±0.3 a	1.6±0.2 a	*
N-nitrato (0-90 cm)	7.1±1.0 b	9.1±1.5 c	0.9±0.1 a	1.1±0.2 a	*
N-orgánicos (0-90 cm)	12.6±1.2	14.0±1.5	11.7±1.4	12.1±2.1	N.S.
Agua drenaje (nitrato)	0.1±0.0 b	0.1±0.0 b	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	*
Sistema	86.4±9.5	89.8±5.9	90.1±2.3	86.4±5.4	N.S.

² Cada valor es la media de 3 árboles ± desviación estándar.

¹ Diferencias estadísticas entre medias. Los valores de cada fila con letras distintas indican medias significativamente diferentes y N.S., diferencias no significativas, según LSD-Fisher test (P≤0,05).

www.fertiberia.com

El dominio del campo

LA
HERRAMIENTA
MAS ÚTIL PARA
EL CAMPO

Guía de fertilización de cultivos

Catálogo de productos

Análisis y recomendaciones abonado

Consultorio técnico

El tiempo en su localidad

Noticias y precios agrícolas



Fertiberia

de N retenidos en forma orgánica oscilaron entre 11,7 y 14,0 para los tratamientos Loc-N e In-5, respectivamente. En cuanto al N nítrico, en inundación se retuvieron valores del 7,1 y 9,1% en todo el perfil del suelo para los tratamientos In-2 e In-5, respectivamente; porcentajes significativamente superiores a los de goteo, 0,9 y 1,1% para Loc-N y Loc-ETc, respectivamente. Por otro lado, para los árboles regados por inundación, el grado de fraccionamiento de la dosis también afectó de forma significativa a la fracción nítrica, siendo superior en el tratamiento In-5 que en el In-2. Esto pudo ser debido al tiempo transcurrido entre la última aplicación de N y el muestreo de suelo en ambos tratamientos, ya que en In-2 se hizo en junio frente a In-5, que se efectuó en septiembre (figura 1).

El sistema de riego influyó de manera significativa en la cantidad de N lixiviada en el agua de drenaje, siendo superior en los tratamientos de inundación; aunque en ninguno de ellos se han obtenido pérdidas importantes (valores inferiores al 0,1% del N aplicado).

En el sistema planta-suelo-agua se recuperaron valores similares del 86, 90, 90 y 86% para los tratamientos In-2, In-5, Loc-N y Loc-ETc, respectivamente, con independencia de las variables utilizadas. Posiblemente el resto del N aplicado, no contabilizado, se haya perdido por desnitrificación.

Producción y calidad del fruto

El cuadro II presenta la producción, así como la calidad de fruto en el momento del arranque. Únicamente aparecieron diferen-

CUADRO II. EFECTO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL FRUTO

Tratamientos ^z	In-2	In-5	Loc-N	Loc-ETc	Nivel significación ^y
Producción (kg/árbol)	49,5±6,8	51,9±9,1	57,6±11,4	43,9±5,0	N.S.
Peso medio fruto (g)	308±75	267±6	280±53	254±57	N.S.
Diámetro fruto (cm)	8,5±0,5	8,1±0,1	8,2±0,6	7,9±0,8	N.S.
Espesor corteza (mm)	6,2±1,0	5,6±0,8	6,5±0,5	5,6±0,9	N.S.
Peso corteza (%)	49,1±6,0	47,4±1,2	52,9±4,1	51,3±4,2	N.S.
Peso zumo (%)	50,9±5,3	52,6±2,7	47,1±3,4	48,7±2,4	N.S.
Sólidos solubles	12,3±0,3	12,2±0,0	12,0±0,5	12,1±0,6	N.S.
Acidez (%)	1,5±0,3	1,6±0,1	1,7±0,3	1,6±0,2	N.S.
Índice madurez	8,3±1,4	7,5±0,4	7,2±0,8	7,4±0,6	N.S.
Índice color	15,4±1,2 b	15,2±1,0 b	14,9±0,5 ab	13,2±1,4 a	*

^z Cada valor es la media de 3 árboles ± desviación estandar.

^y Diferencias estadísticas entre medias. Los valores de cada fila con letras distintas indican medias significativamente diferentes y N.S., diferencias no significativas, según LSD-Fisher test (P≤0,05).

cias estadísticamente significativas en el índice de color. De este modo, los aportes más retrasados (tratamiento Loc-ETc) indujeron un índice de color significativamente inferior al resto de tratamientos. Estos resultados sugieren que el retraso en las aplicaciones de la misma dosis de N puede ocasionar un efecto negativo para las variedades tempranas, al producir un retardo en el cambio del color verde a anaranjado del fruto. Al respecto, Legaz et al. (2000) indican que el N ejerce un efecto diferencial sobre el cambio de color del fruto, retrasándolo con dosis crecientes de N (Bañuls et al., 1998). ■

Agradecimientos

Queremos dar las gracias a M.C. Prieto, J. Giner, A. Boix, J.B. Alberola y T. Estellés por su apoyo técnico. Este trabajo ha sido financiado por los proyectos INIA SC97-104 y RTA01-116.

Bibliografía

Existe una amplia bibliografía en nuestra redacción a disposición de los lectores.

CONCLUSIONES

- 1) En la primera fase del ciclo vegetativo (final de floración), la contribución del N derivado del fertilizante al desarrollo de nuevos órganos fue creciente al aumentar las cantidades de N aplicadas. Esto sugiere que menores aportes de fertilizante en esta época conllevarían a una mayor tasa de traslocación del N de reserva.
- 2) Hacia el final del ciclo vegetativo (diciembre), los aportes retrasados indujeron una mayor acumulación del N derivado del fertilizante en las hojas de las brotaciones de verano y otoño que aplicaciones tempranas. Por lo tanto, se aumentará su N de reserva para el siguiente ciclo vegetativo.
- 3) La distribución relativa del N absorbido del fertilizante entre los órganos de nuevo desarrollo, viejos y el sistema radical dependió de la aplicación estacional del N de los tratamientos efectuados.
- 4) Los árboles con riego a goteo y alto fraccionamiento de la dosis mostraron eficiencias en la absorción de N mayores que los de riego por inundación y bajo fraccionamiento. El tratamiento Loc-N (con distribución mensual de la dosis de N según curva de absorción estacional en cítricos) presentó una eficiencia significativamente superior al resto de tratamientos.
- 5) La reducción del agua en riego por goteo no afectó de manera significativa a la producción, ni a la calidad del fruto.
- 6) Esta información confirma la fertirrigación como un sistema racional de abonado en cítricos por su alta eficiencia en el uso del N y del agua de riego y menor riesgo de contaminación de acuíferos al disminuir el nitrato residual en el suelo.

FERTILIZANTES Y PRODUCTOS FITOSANITARIOS

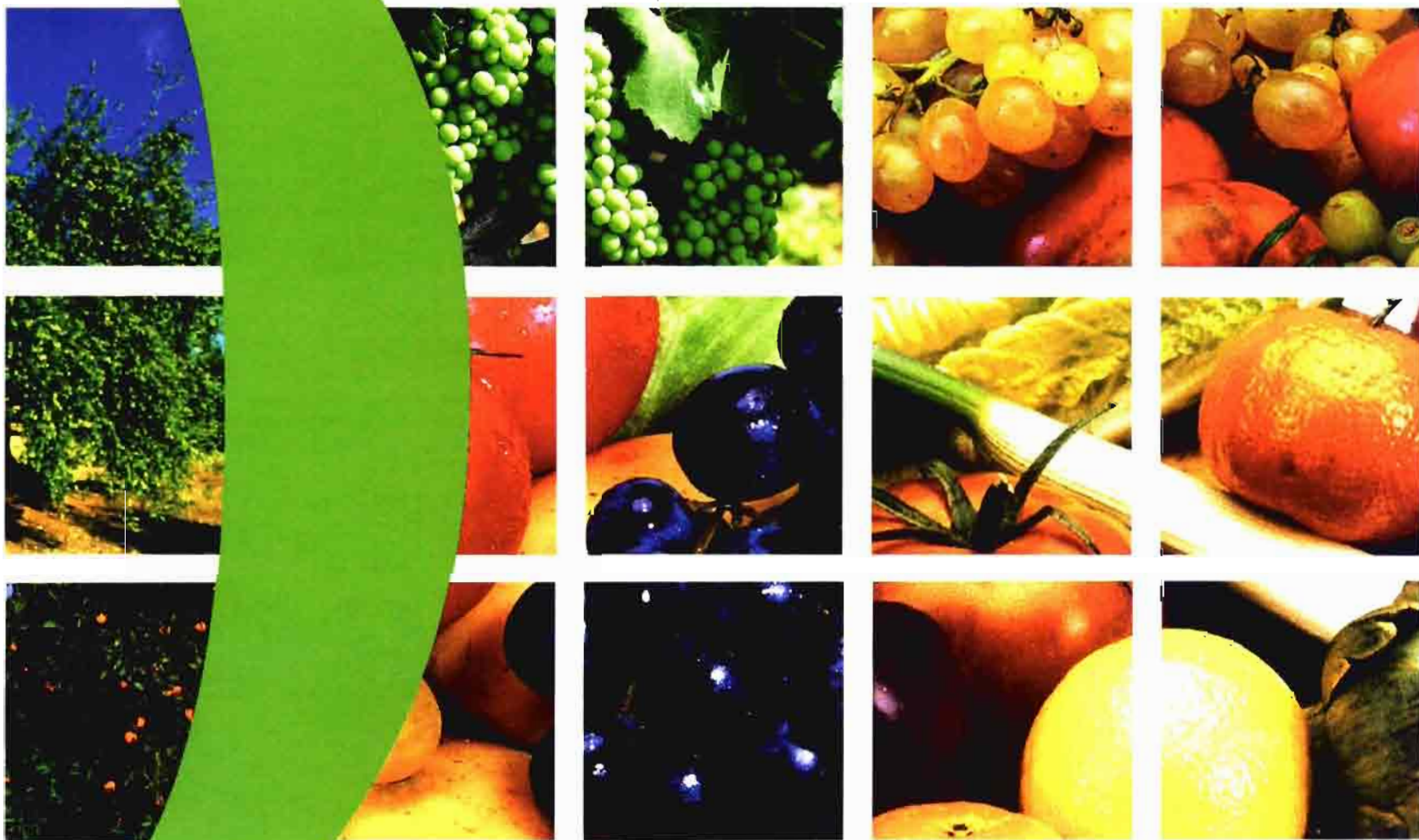
LUQSA
LERIDA UNION QUIMICA / SA

http://www.luqsa.com
info@luqsa.com

Afuera, s/n. 25173 SUDANELL (LLEIDA)
Tel. 973 25 82 56 - Fax 973 25 80 19



La mejor garantía para sus cultivos,
en continuo crecimiento



Desde 1935 trabajamos para
proteger sus campos, sus cultivos,
sus cosechas.

Por eso, ponemos a su
disposición nuestra completa y
eficaz gama de productos -
fungicidas, insecticidas, herbicidas
y otros - a través del asesoramiento
y servicio propio, así como de nuestra
red profesional de distribuidores.



Cuidamos sus cultivos

Av. Rafael Casanova, 81
08100 MOLLET DEL VALLÈS
(Barcelona) ESPAÑA
Tel. 93 579 66 77 - Fax. 93 579 17 22
E-mail: iqv@iqv-valles.com - www.iqv-valles.com



DIN EN ISO 9001:2000
Certificado N°: 01 100 88230