

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR CON UREA SOBRE LA FLORACIÓN, EL CUAJADO DE FRUTOS Y EL RENDIMIENTO EN CÍTRICOS

PILATTI, R. A.¹; DOVIS, V. L.¹; GARIGLIO, N. F.²;

BUYATTI, M.² & MICHELOUD, N.¹

RESUMEN

En la región centro-sur del Litoral Argentino, durante los meses finales del invierno la temperatura del suelo es inferior a 10 °C, en tanto que la temperatura del aire comienza a elevarse con mayor rapidez. En estas condiciones, la absorción de nitrógeno resulta reducida y su aplicación foliar podría mejorar el balance de este elemento en la planta. En este trabajo se pretendió evaluar el efecto de la aplicación primaveral de urea foliar sobre la floración, el cuajado de frutos, y el rendimiento en plantaciones de citrus en el centro-este de la provincia de Santa Fe. Los tratamientos consistieron en un testigo (T0) al que se le realizó fertirrigación, y un tratamiento al que además se le aplicó urea con bajo contenido de biuret en forma foliar (T1) a razón de 10 g de N por planta (15 de agosto), repitiéndose la aplicación en otras dos oportunidades (2 y 17 de septiembre). La aplicación foliar de urea produjo un aumento del 19.6% en la producción de fruta por planta en el mandarino, cv. Satsuma 'Okitsu' (23.232 vs 27.786 Kg ha⁻¹), y un 22.3% en el naranjo, cv. 'New Hall' (14.080 vs. 17.215 Kg ha⁻¹). Este aumento de la producción se debió a una mayor carga de frutos por planta, sin que el tamaño de los mismos sea afectado.

Palabras clave: nitrógeno foliar, cuajado de frutos, intensidad de floración.

SUMMARY

Effect of foliar fertilization with urea on flowering, fruit set and fruit yield in citrus crop.

During late winter conditions soil temperature remains lower (<10°C), while air temperature rise faster, promoting sprouting and flowering in citrus crops growing at the Central-east area of Santa Fe, Argentina. Under these conditions, the absorption of nitrogen is reduced and its foliar application

1.- Cátedra de Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias (UNL). Kreder 2805. (3080) Esperanza, provincia de Santa Fe. Email: rpilatti@fca.unl.edu.ar

2.- Cátedra de Cultivos Intensivos. Facultad de Ciencias Agrarias (UNL).

Manuscrito recibido el 3 de noviembre de 2009 y aceptado para su publicación el 16 de noviembre de 2009.

could improve the balance of nitrogen in the plant. The aims of this work was to evaluate the effect of leaf nitrogen application on spring flowering, fruit set, and fruit yield of citrus. A traditional fertirrigated crops (T0) were compared with a treatment that received a complementary foliar application of low biuret urea at a rate of 10 g N per plant in three successive dates (August 15th, September 2nd, and September 17th). Foliar application of urea increased fruit production both, in mandarin cv. Satsuma 'Okitsu' (+19.6%, 23,232 vs. 27,786 kg ha⁻¹), and in Orange cv. 'New Hall' (22.3%, 14,080 vs. 17,215 kg ha⁻¹). This increase in fruit production was due to a higher fruit load per plant, without affecting fruit size.

Key words: foliar nitrogen application, fruit set, flower intensity.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente la investigación sobre fertilización en el cultivo de los cítricos se basó en la determinación de la dosis que aplicada al suelo permitía maximizar la producción de fruta. Este procedimiento no contemplaba el riesgo de contaminación de las napas freáticas con nitrógeno (Refruschini & Watson, 1994; Thompson *et al.*, 2001), aspecto que comenzó a ser tenido en cuenta en las estrategias de fertilización más recientes (Quiñónez *et al.*, 2005), las que implican un mayor conocimiento de la economía del nitrógeno en la planta, y de la evolución de la tasa de absorción de nitrógeno en el tiempo.

Normalmente, el contenido de nitrógeno en el suelo es un factor limitante para el crecimiento y desarrollo. En respuesta a ello, las plantas han perfeccionado diferentes regulaciones e interacciones metabólicas que permiten hacer más eficiente el uso de ese elemento (Cantón *et al.*, 2005). El incremento de nitrógeno en la planta que producen las aplicaciones foliares de urea, ha permitido utilizar esta práctica cultural para incrementar la floración o mejorar el establecimiento de los frutos en diferentes especies frutales cuando las reservas de nitrógeno son limitantes (Zilkah *et al.*, 1987). En los cítri-

cos, el contenido foliar de amonio está directamente relacionado con la intensidad de floración; además, el amonio foliar aumenta su concentración bajo condiciones de baja temperatura o déficit hídrico, ambos factores inductivos primarios de la floración en cítricos y otras especies subtropicales (Nevin & Lovatt, 1987; Lovatt *et al.*, 1988b).

Si bien la función específica de la hoja es la producción de fotoasimilados, por sus características anatómicas es capaz de incorporar rápidamente nutrientes aplicados sobre ella y translocarlos a los órganos de la planta de mayor demanda (Trinidad & Aguilar, 1999). Embleton & Jones (1974) demostraron que independientemente del método de fertilización escogido, para una máxima producción del naranjo dulce son necesarios por año entre 0,45 y 0,60 Kg de nitrógeno por planta. Sin embargo, debe prestarse especial cuidado con las dosis foliares utilizadas, dado que los cítricos son más sensibles que otras especies a la fitotoxicidad causada por el amonio (Trinidad & Aguilar, 1999). Ello establece un límite a la cantidad de amonio a ser utilizado en cada aplicación, haciendo necesario la repetición del tratamiento.

La disponibilidad del fertilizante químico aplicado al suelo, puede ser modificada por las características físicas, químicas y biológi-

cas del suelo, así como por su temperatura, pudiendo limitar la absorción por el cultivo (Olar-te-Ortiz *et al.*, 2001). En el caso de los cítricos, la absorción radicular es muy baja cuando la temperatura del suelo es inferior a los 10 °C (Agustí, 2003). Bajo estas condiciones los fertilizantes aplicados por vía foliar pueden resultar particularmente útiles (Mengel & Kirby, 1982; Tisdale & Werner, 1988), sobre todo porque mediante esta técnica los nutrientes se asimilan en forma más rápida (Cahoon & Danoho, 1982; Faust, 1989), y la práctica de la fertilización resulta ser más económica (Eibner, 1985).

La aplicación de N por vía foliar es común que se realice con urea con un contenido inferior al 0.25% de Biuret (Boynton, 1954; Embleton & Jones, 1974; Weinbaum, 1978), y que las respuestas sean significativas cuando el contenido de nitrógeno en hojas es inferior a 25 mg.g⁻¹ de materia seca, establecido como un valor umbral para los cítricos (Weinert *et al.*, 2002). Los efectos comúnmente observados sobre la planta, son un aumento de la proporción de brotes mixtos y campaneros, que son los que favorecen un cuaje más seguro de los frutos y un mejor crecimiento inicial (Lovatt *et al.*, 1988 a y b), lo que es atribuido a cambios en el metabolismo de la arginina y las poliaminas (Sagee & Lovatt, 1991). Las flores provenientes de brotes con hojas (brotes mixtos y campaneros) fueron caracterizadas por tener altos contenidos de poliaminas y los frutos formados a partir de estas flores crecen más rápido y presentan una menor caída temprana (Lovatt, 1999). Esta menor caída temprana de frutos es de suma importancia en la determinación de producción del monte frutal (Lovatt, 1999), ya que se determina la cantidad de destinos que tendrá la planta, como así también el tamaño potencial que podrán alcanzar los frutos. Durante este período crítico, existe una alta demanda de nitrógeno (Lovatt, 1999).

En este trabajo se pretendió evaluar el efecto de la aplicación foliar de nitrógeno durante la brotación primaveral, sobre la floración, el cuajado de frutos y el rendimiento en plantaciones de citrus del centro-este de la provincia de Santa Fe.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en una finca comercial ubicada en la localidad de Esperanza (31° 27' S; 60° 56' W), en la provincia de Santa Fe, Argentina. El suelo correspondió a un argiudol típico de la serie Esperanza, caracterizado por su textura franco limosa, y por la presencia de un horizonte superficial de 27 cm de espesor y una densidad aparente de 1,26 gr.cm⁻³; a continuación un horizonte de transición de 13 cm de espesor, caracterizado por un mayor contenido de arcilla, cuya proporción relativa sigue incrementándose en los horizontes más profundos, sin afectar el drenaje del suelo. Otras características del suelo son el moderado contenido de materia orgánica (2,07%), y de nitrógeno orgánico total (0,125%), pH neutro (6.92), y baja conductividad eléctrica (0,123 dS.m⁻¹).

El clima de la región corresponde al tipo Cfa (templado húmedo sin estación seca con veranos muy calurosos), según la clasificación de Köppen (1931). La precipitación anual es de 926 mm, los menores registros hídricos ocurren en los meses de invierno, y el 50% de estas lluvias se concentran entre los meses de diciembre a marzo. La temperatura media anual es de 18,05 °C; siendo julio el mes más frío, con una temperatura media de 11,8 °C y enero el más cálido con una media de 25 °C (INTA, 1991).

Se trabajó con plantas de mandarina satsuma (*Citrus unshiu* M.), cv 'Okitsu', y naranjos del grupo navel (*Citrus sinensis* (L.)

Osby), cv. 'New Hall'. La experiencia se inició en el año 2006, cuando las plantas tenían 3 años de edad. Las mismas estaban injertadas sobre pie *Poncirus trifoliata*, y plantadas en un marco de 5 x 3 (660 pl. ha⁻¹), y 5 x 3,5 (550 pl. ha⁻¹), para la mandarina y la naranja, respectivamente.

Entre las principales prácticas culturales se menciona el control mecánico con segadora de las malezas entre las líneas, y la aplicación de herbicidas en la línea del cultivo; riego complementario por medio de sistema de riego presurizado por goteo, por medio del cual también se realizó la aplicación de fertilizantes. Durante los dos primeros años de plantación se aplicaron al suelo entre 60 y 90 gr. pl⁻¹ de fosfato monoamónico, lo que representó entre 33 y 46 g. pl⁻¹ de P₂O₅ y entre 7 y 10 g. pl⁻¹ de N. Durante los 3 años del ensayo se aplicaron anualmente al suelo 130, 200 y 270 g. pl⁻¹ de N a través del sistema de riego, en aplicaciones semanales durante el período de activo crecimiento, que se extendió desde fines de septiembre hasta finales de febrero. El fertilizante utilizado fue una mezcla de urea y nitrato de amonio (50 % p/p).

Los tratamientos consistieron de un testigo al que se le realizó el manejo antes mencionado (T0) y un tratamiento en el que adicionalmente se aplicó urea de bajo biuret en forma foliar a la salida del invierno (T1), en momentos previos a la floración (F0). La dosis utilizada fue de 10 g de N por planta (15 de agosto), repitiéndose la aplicación en otras dos oportunidades (2 y 17 de septiembre). El contenido de nitrógeno foliar previo a la aplicación de urea fue de 2,85 y 2,70%, para la mandarina 'Okitsu' y la naranja 'New Hall', respectivamente. El ensayo se repitió durante tres años consecutivos, tomando como referencia de aplicación las mismas fechas del primer año.

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con siete repeticiones

por tratamiento, siendo cada árbol una unidad experimental. Se dejó una bordura de dos árboles en la hilera y una línea de árboles entre líneas. Se realizó el análisis de la varianza (ANOVA), utilizándose el test de Tukey ($P \leq 0,05$) para la separación de medias.

En el estado de Flores abiertas (F4), se cuantificó la intensidad de floración, y la distribución de los distintos tipos de brotes florales. Para ello se seleccionaron ocho ramas por planta ubicadas sobre los cuatro cuadrantes de la copa, en los que en cada nudo se observó el tipo de brote emitido, y la cantidad de flores presentes en cada brote; la intensidad de floración se expresó como número de flores por cada 100 nudos de la rama seleccionada. Al momento de cosecha se realizó el recuento y el peso total de los frutos por árbol, y se midió el diámetro y peso individual de una muestra de 30 frutos por planta tomados al azar.

RESULTADOS

La floración observada resultó ser abundante, tanto en mandarina como en naranja (Cuadro 1), y fue reducida significativamente en el mandarina 'Okitsu' por la aplicación foliar de urea. Esta disminución no fue observado en el naranja 'New Hall' (Cuadro 1). No se observó interacción entre las variables, tratamientos y años de ensayo (datos no presentados).

En la Mandarina 'Okitsu' predominaron claramente los ramilletes florales, mientras que en el naranja 'New Hall', los ramos mixtos y los ramilletes florales fueron los brotes más representativos (Cuadro 1). La fertilización foliar no afectó la distribución de los distintos tipos de ramos fructíferos, tanto en el mandarina como en el naranja (Cuadro 1).

La aplicación de urea foliar produjo un aumento de la producción por planta, tanto en el mandarino 'Okitsu' (+19.6%), como en el naranjo 'New Hall' (+22.3%) (Cuadro 2). Este incremento es explicado por una mayor carga de frutos por planta, sin que se modifique el tamaño de los mismos (Cuadro 2).

DISCUSIÓN

La floración observada en esta experiencia supera considerablemente los valores recomendados para un buen comportamiento reproductivo, principalmente en el caso del naranjo dulce. Agustí *et al.* (2003) sugie-

Cuadro 1: Efecto de la aplicación foliar de urea sobre la intensidad de floración y la distribución de los ramos fructíferos en mandarino 'Okitsu' y naranjo dulce 'New Hall'. Los datos representan la media de tres años de mediciones (2006 - 2009).

Cultivar	Tratamiento	Flores/100 nudos	Distribución de ramos fructíferos (%)			
			Ramos mixtos	Ramilletes florales	Flores solitarias	Brotes Campaneros
'Okitsu'	Testigo	171 b	10,0 a	73,5 a	15,4 a	1,1 a
	Urea foliar	140 a	8,0 a	74,1 a	16,9 a	1,0 a
'New Hall'	Testigo	224 a	56,0 a	42,3 a	1,4 a	0,3 a
	Urea foliar	251 a	51,9 a	46,0 a	2,0 a	0,1 a

Letras diferentes en la vertical indica diferencias estadísticamente significativas de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$).

Cuadro 2: Efecto de la aplicación foliar de urea sobre el tamaño y número de frutos por planta en mandarino 'Okitsu' y naranjo dulce 'New Hall'. Los datos representan la media de tres años de mediciones (2006 - 2009).

Cultivar	Tratamiento	frutos/planta	Tamaño del fruto		Producción (Kg/planta)
			Diámetro (mm)	Peso (gr)	
'Okitsu'	Testigo	235,5 a	61,5 a	148,9 a	35,2 a
	Aplicación foliar	275,7 b	60,2 a	152,3 a	42,1 b
'New Hall'	Testigo	101 a	65,2 a	251,5 a	25,6 a
	Aplicación foliar	119 b	67,1 a	263,4 a	31,3 b

Letras diferentes en la vertical indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo al test de Tukey ($P \leq 0,05$).

ren que en los naranjos del grupo Navel una intensidad de floración superior a las 150 flores cada 100 nudos afecta el cuajado de los frutos, mientras que en el tangor 'Ellendale', esto ocurre cuando se superan las 100 flores cada 100 nudos bajo las condiciones climáticas del sur de Uruguay (Gravina *et al.*, 1996). Los tratamientos realizados para mejorar la carga de frutos por planta, como la aplicación de giberelinas a la caída de pétalos, o el rayado de ramas realizado unos 20 días posteriores, también resultan poco eficaces cuando la intensidad de floración supera los umbrales mencionados (Agustí, 2003). En estos casos, se recomienda reducir la intensidad de floración mediante la aplicación invernal de giberelinas; la disminución de la competencia inicial entre órganos en desarrollo permite mejorar la efectividad de las técnicas utilizadas para aumentar el cuajado y disminuir la caída posterior de frutos en cítricos (Agustí *et al.*, 1982), así como mejorar el tamaño final del fruto (García-Luis *et al.*, 1986). En nuestra experiencia, sin embargo, la aplicación foliar de urea mejoró el cuajado de los frutos, a pesar de la alta intensidad de floración observada en ambos cultivares.

Lovatt *et al.* (1988 a y b) observaron que la aplicación de urea foliar provocó un aumento de brotes mixtos y campaneros, lo cual no concuerda con nuestros resultados. Tampoco se logró este efecto con aplicaciones invernales de giberelinas en experiencias previas realizadas en nuestra zona (Beloqui *et al.*, 2005), tratamiento considerado como muy efectivo para disminuir los brotes sin hojas (Agustí, 2003). En cambio, es común observar diferencias muy marcadas entre años en la distribución de ramos reproductivos (datos no presentados). En años posteriores, Lovatt (1999), también menciona que una sola aplicación foliar de urea al 1% en prefloración permitió incrementar los rendimientos durante tres años con-

secutivos en naranjo, cv. 'Washington navel', debido a un incremento del 25% tanto en el número como en el calibre de los frutos (Anwar & Lovatt, 1994). Esto se atribuyó a una mejora del proceso de iniciación floral y de las condiciones para el crecimiento inicial del ovario (Lovatt *et al.*, 1992 a y b), siendo esto último lo que parece explicar mejor los resultados observados en nuestra experiencia.

En las plantas perennes, existe una reserva de nitrógeno almacenado en biomoléculas, que se recicla a través de la planta. La degradación de estas moléculas en diferentes procesos fisiológicos como la fotorrespiración y la movilización de reservas entre otros, permiten liberar nitrógeno inorgánico (amonio), regulando el contenido de este elemento en los distintos órganos de la planta (Mifflin & Lea 1980). En ciertos momentos fenológicos, como la ruptura de la dormición o el inicio del crecimiento activo, la liberación del amonio es masiva, y las plantas han desarrollado eficientes mecanismos de reasimilación y reincorporación de este elemento al metabolismo para la síntesis de todos los compuestos nitrogenados necesarios para el crecimiento (Cantón *et al.*, 2005). Cuando el aporte de nitrógeno del suelo es insuficiente, o la demanda de la planta es alta, el requerimiento de nitrógeno puede ser cubierto por las reservas almacenados en tallos, vástagos, raíces, y hojas en el caso de plantas de hoja perenne (Zilkah *et al.*, 1987), mientras que en los momentos de menor demanda o alta disponibilidad de nitrógeno en el suelo, se recomponen las reservas de la planta.

En la región sur del Litoral Argentino, durante los meses finales del invierno la temperatura del suelo es inferior a 10 °C, en tanto que la temperatura del aire comienza a elevarse con mayor rapidez que en el suelo. La actividad radicular de los cítricos es prácticamente nula debajo de 10 °C (Scholberg *et*

al., 2002), por lo que en estas condiciones la absorción radicular de nutrientes esenciales está limitada, a pesar de que los mismos estén disponibles en el suelo. Esto puede explicar la respuesta observada a la aplicación foliar de fertilizantes a la salida del invierno, con un efecto positivo sobre el cuajado de frutos y la cosecha. Durante la floración y el crecimiento inicial de los frutos, los requerimientos del cultivo son muy elevados (Agustí, 2003; Ruiz *et al.*, 2001), y la utilización de una forma nitrogenada de rápida absorción permitiría mejorar la oferta de nitrógeno para los procesos fisiológicos. Así, la fertilización nitrogenada foliar se considera de 5 a 30 veces más eficiente que la aplicación tradicional al suelo (Trinidad & Aguilar, 1999), con un 30 % de absorción durante las dos primeras horas de la aplicación, y el resto en poco más de 24 horas (Embleton *et al.*, 1973).

En conclusión, la aplicación de urea foliar en prefloración, permitió mejorar la carga de frutos sin afectar el tamaño de los mismos, tanto en mandarino, cv. 'Okitsu' como en naranjo, cv. 'New Hall' bajo las condiciones climáticas de la zona central de Santa Fe, Argentina. Esto resultó en un incremento de la producción entre el 19.6 y el 22.3 %.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUSTÍ, M.** 2003. Citricultura. 2da. ed. Mundi Prensas. Madrid. 422p.
- AGUSTÍ, M.; GARCÍA-MARÍ, F. & J. L. GUARDIOLA.** 1982. Gibberellic acid and fruit set in sweet orange. *Scientia Horticulturae* 17:257-264.
- AGUSTI, M.; MARTINEZ-FUENTE, A.; MESERO, C.; JUAN, M. & V. ALMELA.** 2003. Cuajado y desarrollo de los Frutos Cítricos. Ed. Generalitat Valenciana. Valencia, España. 80p.
- ANWAR, G. A. & C. J. LOVATT.** 1994. Winter application of low biuret urea to the foliage of "Washington Navel" orange increased yield. *Journal of American Society of Horticultural Science* 119: 1144-1150.
- BELOQUI, A.; CÉCCOLI, G.; MORANDO, F.; PILATTI, R. & N. GARIGLIO.** 2005. Efecto de la aplicación invernal de giberelina sobre la floración y el cuajado de frutos en el mandarino 'Satsuma' y en el naranjo dulce 'Washington Navel'. Libro de resúmenes del V Congreso Argentino de Citricultura, p45.
- BOYNTON, D.** 1954. Nutrition by foliar application. *Annual Review Plant Physiology* 5:31-54.
- CAHOON, G. A. & C. W. DANOHO JR.** 1982. The Influence of urea spray, mulch and pruning on apple tree decline. *Res. Cir. Ohio Agricultural Research Development Center* 272: 16-19.
- CANTÓN, F. R.; SUÁREZ; M. F. & F. M. CÁNOVAS.** 2005. Molecular aspects of nitrogen mobilization and recycling in trees. *Review. Photosynthesis Research* 83:265-278.
- EIBNER, R.** 1985. Foliar fertilization importance on prospects in crop production. In: *Proceedings First International Symposium of Foliar Fertilization*. Berlín, Alemania. 412p.
- EMBLETON, T.W. & W.W. JONES.** 1974. Foliar applied nitrogen for citrus fertilization. *Journal of Environmental Quality* 3:388-392.
- EMBLETON, T. W.; JONES, W. W.; LABANUSCAS, C. K. & W. REUTHER.** 1973. Leaf analysis of a diagnostic tool and guide to fertilization. In: W. Reuther (ed). *Citrus Industry*. University of California, USA. p:183-210.
- FAUST, M.** 1989. *Physiology of temperature zone fruit trees*. John Wiley. USA. 338p.
- GARCÍA-LUIS, A.; ALMELA, V.; MONERRI, C.; AGUSTÍ, M. & J. L. GUARDIOLA.** 1986. Inhibition of flowering in vivo by

- existing fruits and applied growth regulators in Citrus unshiu. *Physiologia Plantarum* 66:515-520.
- GRAVINA A.; RABIZA, H.; JUAN, M.; ALMELA, V. & M. AGUSTI.** 1996. Flowering-fruiting interrelationships in Ellendale tangor under the growing conditions of Spain and Uruguay. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, 2:1081-1085.
- INTA** (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 1991. Carta de Suelos de la República Argentina, Hojas 3160- 26 y 25. Esperanza-Pilar. Imprenta E.E.A. I.N.T.A. Rafaela. Santa Fe. 135p.
- KÖPPEN, W.** 1931. *Grundriss der Klimakunde*, Walter De Gruyter & Co. Berlin und Leipzig. Aufl. XII. 388p.
- LOVATT, C. J.** 1999. Management of foliar fertilization. *Terra* 17:257-264.
- LOVATT, C.J.; ZENG, Y. & K.D. HAKE.** 1988a. A new look at the Kraus-Kraybill hypothesis and flowering of citrus. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 1:475-483.
- LOVATT, C.J.; ZENG, Y. & K.D. HAKE.** 1988b. Demonstration of a change in nitrogen metabolism influencing flower initiation in citrus. *Israel Journal of Botany* 37:181-188.
- LOVATT, C. J.; SAGEE, O. & A. G. ALLI.** 1992a. Ammonia and/or its metabolites influences flowering fruit set and yield in the Washington navel orange. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 3:385-393.
- LOVATT, C. J.; SAGEE, O.; ALLI, A. G.; YU-SHENG, Z. & C. M. PROTACIO.** 1992b. Influencia do nitrogênio, carboidratos e reguladores de crescimento de plantas no florescimento, fructificação e produção de citros. *Anais Segundo Seminario Internacional de Citros* 2:27-48
- MENGEL, K. & A. KIRBY.** 1982. Principles of plant nutrition. International of Potash Institute, Switzerland: 491p.
- MIFLIN, B. J. & P. J. LEA.** 1980. Ammonia assimilation. In: Miflin, BJ (eds). *The biochemistry of Plants, Vol 5. Amino Acids and Their Derivatives*, pp 169-202. Academic Press, New York.
- NEVIN, J. M. & C. J. LOVATT.** 1987. Demonstration of ammonia accumulation and toxicity in avocado leaves during water-deficit stress. *S. Afr. Avocado Grow. Ass.* 10:51-54.
- OLARTE-ORTIZ, O.; ALMAGUER-VARGAS, G. & J.R. ESPINOZA.** 2001. Efecto de la fertilización foliar en el estado nutricional, la fotosíntesis, la concentración de carbohidratos y el rendimiento de naranjo "Valencia Late". *Colegio de Postgrado Universidad de Chapingo, México. Terra* 18:339-347.
- QUINÓNEZ, A.; BAÑULS, J.; PRIMO-MILLO, E. & F.LEGAZ.** 2005. Recovery of the ¹⁵N-labelled fertilizer in citrus trees in relation with timing of application and irrigation system. *Plant and Soil* 268:367-376
- REFRUSCHINI, K & J. WATSON.** 1994. Groundwater quality database for nitrate in Maricopa County. University of Arizona Cooperative Extension, Arizona Water series number 20.
- RUIZ, R.; GARCÍA-LUIS, A.; MONERRI, C. & J.L. GUARDIOLA.** 2001. Carbohydrate Availability in Relation to Fruitlet Abscission in Citrus. *Annals of Botany* 87:805-812.
- SAGEE, O. & C. J. LOVATT.** 1991. Putrescine concentration parallels ammonia and arginine metabolism in developing flowers of "Washington navel" orange. *Journal of American Society of Horticultural Science* 116:280-285.
- SCHOLBERG, J. M. S.; PARSON, L. R.; WHEATON, T. A.; MCNEAL, B.L. & K. T. MORGAN.** 2002. Soil temperature, nitrogen concentration and residence time affects nitrogen uptake efficiency in citrus. *Journal Environmental Quality* 31:759-768.

- THOMPSON, T. L.; WHITE, S. A.; WALWORTH, J. & G. SOWER.** 2001. Development of best management practices for fertigation of young citrus trees. Citrus and Deciduous Fruit and Nut Research Report. The University of Arizona, College of Agriculture and Life Sciences. URL: <http://ag.arizona.edu/pubs/crops/a21275/08.pdf>. Consultado el 26 de abril de 2006.
- TISDALE, S. L. & L. N. WERNER.** 1988. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Primera ed. en español. Traducido por Jorge Balasch y C. Poña. UTEHA. México, DF.
- TRINIDAD S. A. & D. AGUILAR.** 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra Latinoamericana* 17:247-255.
- WEINBAUM, S. A.** 1978. Feasibility of satisfying total nitrogen requirement of non-bearing prune trees with foliar nitrate. *HortScience* 13:15-22.
- WEINERT, T. L.; THOMPSON, T. L. & S. A. WHITE.** 2002. Nitrogen fertigation of young navel oranges: N status and uptake of fertilizer N. *HortScience* 37:334-337.
- ZILKAH, S.; KLEIN, I.; FEIGENBAUM, S. & S. A. WEINBAUM.** 1987. Translocation of foliar-applied urea 15N to reproductive and vegetative sinks of avocado and its effect on initial fruit set. *Journal of American Society of Horticultural Science* 112:1061-1065.