



CONTENIDO

Pág.

Manejo de la fertilidad del suelo para cítricos de alto rendimiento 1

Indicadores visuales de la deficiencia de potasio en maíz 12

El uso de fertilizantes nitrogenados agota la materia orgánica del suelo? 15

Reporte de Investigación Reciente 19

- Impacto de disponibilidad de nutrientes en el suelo en la calidad de fruto del limón Tahití

- Revaluación de la interacción encañado-fertilizante de praderas en suelos ácidos de baja fertilidad

- Carbohidratos y materia seca en tubérculos de cultivares de papa según la dosis de nitrógeno

Cursos y Simposios 20

Publicaciones Disponibles 21

Editores: Dr. José Espinosa
Dr. Raúl Jaramillo

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se citen la fuente y el autor



Misión: Desarrollar y promover la información científica sobre el manejo responsable de la nutrición de las plantas para beneficio de la humanidad

MANEJO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO PARA CITRICOS DE ALTO RENDIMIENTO

D. Mattos Junior¹, J.A. Quaggio², H. Cantarella² y R.M. Boaretto¹

Introducción

El Brasil es el líder mundial en la producción de cítricos con un volumen anual superior a 20 millones de toneladas de fruta, lo que representó en el 2007 cerca del 20 % de la producción mundial (FAO, 2009). Aproximadamente el 80 % de la producción de naranjas del país está concentrada en 668 000 ha en el estado de Sao Paulo. Esta producción está destinada principalmente a la industria de jugo concentrado y congelado.

El mantener niveles elevados de producción requiere, entre otros factores, de un manejo nutricional adecuado del huerto basado en información que relacione el desempeño de la planta y la producción de fruta con la concentración de nutrientes en las hojas y la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Esto determina la necesidad de suplementar nutrientes con la fertilización.

El Departamento de fertilidad del suelo y nutrición de cultivos del Instituto Agronómico de Campinas (IAC) ha concentrando esfuerzos para ampliar e intensificar la investigación sobre la nutrición y fertilización de cítricos. La consolidación de la información científica sobre nutrición, fertilización y producción de cítricos publicada en diversos medios permitió desarrollar un programa de manejo de la fertilidad del suelo, que busca mejorar la producción y calidad de fruta de los huertos dedicados al cultivo de cítricos en nuevos sistemas de producción y en varios ambientes agrícolas. Las recomendaciones presentadas en este artículo incorporan revisiones de aquellas publicadas anteriormente en el libro de citrus del 2005 (Quaggio et al., 2005).

Diagnóstico de la fertilidad del suelo

Para mantener huertos de alta productividad es indispensable la adopción de un buen programa de encañado y fertilización. El éxito de un programa de esta naturaleza requiere de herramientas de diagnóstico (análisis de suelos y análisis foliar) que permitan ajustar el suministro de nutrientes en función de los niveles de fertilidad del suelo y de la demanda de nutrientes del cultivo, optimizando así la eficiencia de los insumos utilizados. Por esta razón, es esencial realizar un adecuado muestreo de suelos y foliar y enviar las

¹ Instituto Agronómico - Centro Avanzado de Investigación Tecnológica de Cítricos "Sylvio Moreira". Cordeirópolis, SP, Brasil. Correo electrónico: ddm@iac.sp.gov.br

² Instituto Agronómico - Centro de Investigación y Desarrollo de Suelos y Recursos Ambientales. Campinas, SP, Brasil. Correo electrónico: quaggio@iac.sp.gov.br

Tabla 1. Interpretación de resultados de análisis de P, K, Mg y saturación de bases (SB) en los primeros 20 cm del perfil del suelo de suelos cultivados con cítricos (Adaptado de Raij et al., 1997).

Rangos	P resina mg dm ⁻³	K ----- mmol _c dm ⁻³ -----	Mg	SB %
Muy bajo	< 6	< 0.8	-	< 26
Bajo	6 - 12	0.8 - 1.5	0 - 4	26 - 50
Medio	13 - 30	1.6 - 3.0	5 - 9	51 - 70
Alto	> 30	> 3.0	> 9	> 70

Tabla 2. Interpretación de resultados de análisis de azufre (S) como sulfato (SO₄²⁻) en los primeros 20 cm del perfil del suelo de suelos cultivados con cítricos (Adaptado de Quaggio et al., 2005).

Rangos	S-SO ₄ ²⁻ ----- mg dm ⁻³ -----	B	Cu	Mn	Zn
Bajo	< 10	< 0.6	< 2	< 3.0	< 2.0
Medio	10 - 20	0.6 - 1.0	2 - 5	3.0 - 6.0	2.0 - 5.0
Alto	> 20	> 1.0	> 5	> 6.0	> 5.0

muestras a un buen laboratorio. Cabe resaltar en este punto, que por mejor que sea el laboratorio, éste no puede enmendar los errores de muestreo y su falta de representatividad.

Muestreo y análisis de suelos

Los métodos empleados para el análisis de suelos en el Estado de Sao Paulo, Brasil, son aquellos del sistema IAC (Raij et al., 2001). La principal diferencia con el sistema IAC es la extracción de fósforo (P) con una resina de intercambio de iones, ajustada a las características de los suelos de Brasil.

La eficiencia del análisis de suelos depende de la representatividad de la muestra en relación al área del lote del huerto en consideración. El muestreo de suelo para cítricos se realiza en lotes homogéneos (hasta 10 ha) considerando los siguientes factores: color y textura del suelo, posición en el paisaje y manejo del huerto, edad de los árboles, combinaciones de injerto y patrón y productividad. La profundidad de muestreo para recomendaciones de fertilización y encalado es de 0-20 cm y para determinar la presencia de barreras químicas que limiten el desarrollo de la raíz, es decir, deficiencias de calcio (Ca) con o sin exceso de aluminio (Al), se debe muestrear de 20-40 cm de profundidad.

Para lograr mayor eficacia y representatividad, se debe utilizar un barreno de tipo holandés o un barreno similar para la toma de muestras de suelo. Las herramientas y los recipientes utilizados en el muestreo y transporte del suelo deben estar limpios y sobre todo no deben contener residuos de cal o fertilizante. El muestreo debe realizarse algunos meses antes de la implantación de la huerta, moviéndose en zig-zag dentro del lote para recoger 20 sub-muestras por unidad de muestreo.

Durante el muestreo se deben evitar sitios localizados cerca de montículos de termitas, hormigueros, casas, caminos, corrales, residuos de animales, fertilizantes o depósitos de cal y lugares donde se presenten manchas en el suelo. En cada punto de muestreo se deben retirar los residuos de cultivos y otros materiales de la superficie del suelo. Las muestras se colectan en un balde u otro recipiente limpio y al terminar el muestreo se procede a romper los terrones, se remueven piedras y otros residuos y se mezcla completamente el suelo colectado para tomar una muestra de 300 g que es la que se envía al laboratorio. El envío debe hacerse en una bolsa de plástico u otro recipiente adecuado de papel o cartón.

Una vez sembrado el huerto el muestreo debe ser anual. En los huertos sin riego el muestreo se realiza en la zona de fertilización de los años anteriores, colectando también 20 muestras, alternando los puntos de muestreo 50 cm dentro y 50 cm fuera del límite externo de la proyección de la copa. Para huertos fertigados, el muestreo debe realizarse en puntos alejados de 30 a 50 cm de la línea de goteo. En Brasil, el momento más adecuado para el muestreo de suelos es entre febrero y abril, teniendo en cuenta de que deben haber transcurrido por lo menos 60 días desde la última fertilización.

Los parámetros que determinan el estado de la fertilidad del suelo para cítricos se ha definido por medio de investigación de campo que evaluó curvas de calibración de los análisis de macro y micronutrientes en el suelo (**Tablas 1 y 2**). Como recomendación general, el productor de cítricos debe tratar de mantener los suelos de los huertos en contenidos medios de nutrientes para evitar deficiencias o excesos, ya que ambas condiciones pueden limitar el rendimiento y calidad de los cítricos.

Tabla 3. Rangos para la interpretación del contenido de macro y micronutrientes en hojas de cítricos de seis meses de edad, brotadas en primavera, de ramas con frutos.

Nutriente	Bajo	Adecuado	Excesivo
	----- g kg ⁻¹ -----		
N ¹	< 23	23 - 27	> 30
P	< 1.2	1.2 - 1.6	> 2.0
K	< 10	10 - 15	> 20
Ca	< 35	35 - 45	> 50
Mg	< 3.0	3.0 - 4.0	> 5.0
S	< 2.0	2.0 - 3.0	> 5.0
	----- mg kg ⁻¹ -----		
B	< 50	50 - 100	> 150
Cu	< 4.0	4.1 - 10.0	> 15.0
Fe	< 49	50 - 120	> 200
Mn	< 34	35 - 50	> 100
Zn	< 34	35 - 50	> 100
Mo	< 0.09	0.10 - 1.00	> 2.00

¹ Para limón común y limón Tahití los rangos de interpretación del contenido de N foliar (g kg⁻¹) son: < 18 bajo, 18 – 22 adecuado y > 22 excesivo.

Muestreo y análisis foliar

El análisis foliar se basa en la relación entre el crecimiento y la concentración de nutrientes en la materia seca de la planta. La hoja es el órgano que mejor representa el estado nutricional del cultivo. Dentro de ciertos límites, el incremento de la concentración de nutrientes está relacionado con mayor crecimiento o rendimiento.

En cítricos, el muestreo debe hacerse mediante la recolección de la tercera o cuarta hoja generada en la primavera, que debe tener alrededor de seis meses de edad, en ramas con frutos de 2-4 cm de diámetro. En Brasil, esto normalmente ocurre en febrero-marzo. Se recomienda tomar muestras de por lo menos 25 árboles en lotes homogéneos de no más de 10 ha, colectando cuatro hojas sanas por árbol, una en cada cuadrante y a la altura media de la planta, teniendo cuidado de que hayan pasado por lo menos 30 días después de la última aplicación foliar. Las muestras deberán colocarse en bolsas de papel y almacenarse en el refrigerador a una temperatura aproximada de 5 °C hasta el envío al laboratorio, antes que hayan pasado dos días después de la recolección en el campo.

La interpretación de los resultados de los análisis foliares se realiza comparando los resultados de laboratorio con los valores presentados en la **Tabla 3**. El programa de fertilización del huerto debe ajustarse para lograr que el contenido foliar de nutrientes esté dentro del rango adecuado. A veces se pueden encontrar niveles excesivos

de micronutrientes en el análisis foliar, sin que se presenten síntomas de toxicidad, lo que puede conducir a una interpretación errónea del estado nutricional de la planta. En muchas ocasiones, estos nutrientes pueden estar solamente adheridos a la superficie de la hoja y no están disponibles para la planta.

Recomendaciones para el encalado y fertilización

Las recomendaciones de fertilización que se presentan en este artículo fueron calibradas para suelos analizados con el método de la resina de intercambio de iones. Por lo tanto, se debe tener cuidado en el uso de estas recomendaciones si el análisis del suelo se ha realizado por otro método de extracción, especialmente en la interpretación de la disponibilidad de P.

Encalado

La recomendación del encalado en cítricos se basa en la determinación de la acidez tampón (H + Al), la suma de bases (Ca + Mg + K) y capacidad de intercambio catiónico (CIC) a pH 7.0 (Quaggio et al., 1985).

Se determina la cantidad de cal necesaria para aumentar la saturación de bases (SB) al 70 % en la capa superficial del suelo (0-20 cm) (Quaggio et al., 1992). Esto corresponde a un pH cercano a 5.5 determinado en una solución de CaCl₂ 0.01 molar. Además de corregir la acidez del suelo, se recomienda también manejar la cal para elevar y mantener los niveles de Mg en el suelo en al menos 9 mmol_c dm⁻³. El cálculo de los requerimientos de cal se realiza utilizando la siguiente

fórmula:

$$RC = CIC(SB_2 - SB_1)/10 PRNT$$

donde,

- RC = Requerimiento de cal, t ha⁻¹
- CIC = Capacidad de intercambio catiónico, mmol_c dm⁻³
- SB₁ = Saturación de bases actual del suelo en la capa de 0-20 cm, %
- SB₂ = Saturación de bases deseada para los cítricos, que es igual a 70 %
- PRNT = Poder relativo de neutralización total de la cal.

Cuando sea posible, se recomienda utilizar cal dolomítica (> 12 % MgO), porque contiene una mayor concentración de Mg. En cuanto al suministro de Ca, éste será suficiente sin importar el tipo de cal utilizada.

Encalado a la siembra

La cal se debe aplicar en toda la superficie del suelo antes del transplante. La cal se debe incorporar lo más profundamente posible para aumentar SB a 70 %. Además del encalado superficial, se recomienda aplicar una cantidad adicional de cal en la línea de siembra (0.5 kg m⁻¹). En suelos de fertilidad media a alta es posible preparar el terreno en franjas para ahorrar recursos en la instalación de la huerta.

Encalado de la huerta de producción

La cal debe aplicarse en el área total. Setenta por ciento de la dosis se ubica bajo el dosel de las plantas. Sin embargo, en los huertos fertigados se recomienda el uso del 100 % de la dosis en el dosel, debido a que la acidificación es más intensa en esta zona cuando se maneja la nutrición de esta manera.

Manejo de la acidez sub-superficial

En el pasado se estudió el uso de yeso (CaSO₄•2H₂O) en cítricos y los resultados no mostraron efectos positivos notables en la producción de fruta como para justificar su uso generalizado como enmienda del suelo (Boaretto et al., 1996; Quaggio et al., 1998). Sin embargo, observaciones de campo recientes han demostrado que el uso de yeso produce efectos benéficos, especialmente en el mejoramiento del entorno de la raíz. Estos efectos se deben probablemente a la mayor disponibilidad de Ca en las capas profundas de suelos distróficos o álicos y la consecuente mayor absorción de nitratos (NO₃⁻) por las raíces en las capas más profundas del suelo.

En los suelos de baja fertilidad y alta acidez, especialmente en la capa de 20-40 cm del perfil, se recomienda que antes de la implantación del huerto se apliquen hasta 3 t ha⁻¹ de yeso en la línea de siembra, después de la incorporación de la cal.

Fertilización

Las recomendaciones de fertilización con N, P y K para cítricos son distintas para las siguientes etapas del cultivo:

- Siembra.
- Etapa de formación - árboles jóvenes menores de 5 años de edad.
- Etapa de producción - árboles maduros.

En la última etapa se diferencian las dosis de fertilización para los grupos de variedades de naranjas, de lima ácida y limón, de mandarinas y tangores Murcott (Quaggio et al., 2005). Además, las recomendaciones de fertilización para las naranjas cambian de acuerdo a la calidad y el destino de la fruta (industria o mercado de productos frescos).

Tabla 4. Recomendaciones de fertilización para cítricos en la formación, por edad y en función del análisis de suelos¹.

Edad	N	P resina, mg dm ⁻³				K intercambiable, mmol _c dm ⁻³			
		0 - 5	6 - 12	13 - 30	> 30	0 - 0.7	0.8 - 1.5	1.6 - 3.0	> 3.0
Años	g planta ⁻¹	P ₂ O ₅ , g planta ⁻¹				K ₂ O, g planta ⁻¹			
0 - 1	100	0	0	0	0	40	20	0	0
1 - 2	220	160	100	50	20	120	90	50	0
2 - 3	300	200	140	70	30	200	150	100	60
3 - 4	400	300	210	100	50	400	300	200	100
4 - 5	500	400	280	140	70	500	400	300	150

¹ Para mandarinas Cleopatra y Sunki aumentar en 25 % la dosis de P₂O₅. Para toronja Swingle aumentar en 20 % la dosis de K₂O.

Fertilización a la siembra

La experiencia de campo ha demostrado las ventajas de la aplicación de P a profundidad, junto con la cal al momento de la siembra. Por esta razón, el productor debe dar preferencia a los fosfatos solubles en agua y de reacción alcalina en el suelo (como superfosfato simple) y, si es posible, que contengan alrededor de 0.5 % de zinc (Zn).

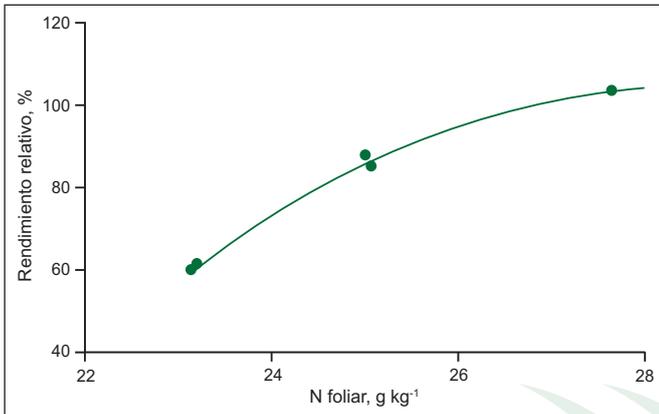


Figura 1. Relación entre el rendimiento relativo de fruta de los cítricos y los contenidos foliares de N.

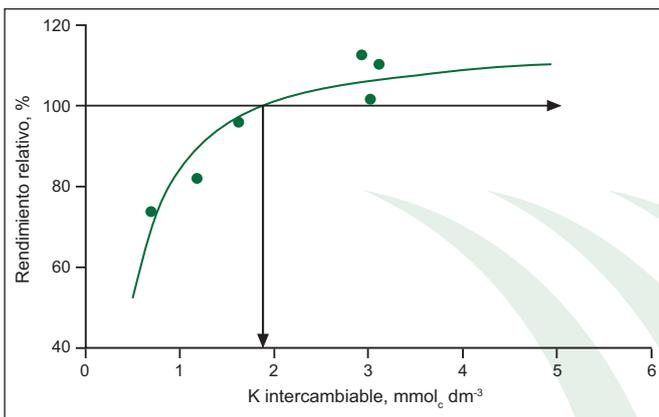


Figura 2. Relación entre el rendimiento relativo de los cítricos con el K intercambiable extraído con resina de intercambio iónico.

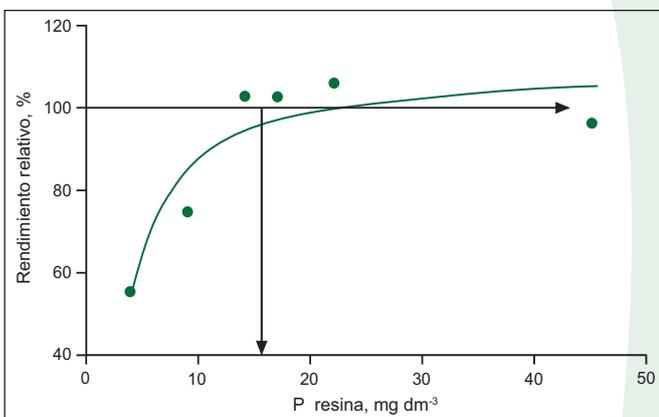


Figura 3. Relación entre el rendimiento relativo de los cítricos con el P extraído con resina de intercambio iónico.

Se recomienda la aplicación de 90 g de P₂O₅ por metro de surco (120-140 kg de P₂O₅ ha⁻¹), independientemente del nivel de este nutriente en el suelo, conjuntamente con la aplicación de cal en la línea de siembra para su incorporación posterior con la ayuda de un subsolador profundo.

Fertilización en la etapa de formación (1-5 años)

Durante la fase de formación del huerto, que se prolonga hasta el quinto año después de la siembra, las recomendaciones de N, P₂O₅ y K₂O deben tener en cuenta la edad del huerto y los contenidos de P y K reportados por el análisis de suelos con el fin de satisfacer las crecientes necesidades de la copa y del inicio de la producción de fruta. Los ajustes de la dosis recomendada deben hacerse teniendo en cuenta el patrón elegido (Tabla 4).

Las dosis de N y K₂O deben fraccionarse de 3 a 6 veces (entre septiembre y marzo en Brasil). Se necesita de un mayor número de fraccionamientos en los primeros años después de la siembra de los plantones en el campo. Opcionalmente, se puede aplicar el P en una sola dosis coincidente con el primer fraccionamiento.

Fertilización en la etapa de producción

Para la fertilización de huertos en producción, además de la disponibilidad de nutrientes en el suelo, se considera como criterio de ajuste la dosis de nutrientes a aplicarse, la producción esperada y el contenido de N en hojas. Esto se debe a que las plantas en producción tienen una demanda adicional de nutrientes para el crecimiento de la fruta, más allá de los nutrientes necesarios para el crecimiento de las hojas, ramas y raíces. En promedio la fruta cosechada exportan 1.2 a 1.9 kg t⁻¹ de N y K, cantidades que son mucho más altas que las del P (0.18 kg t⁻¹), Ca (0.52 kg t⁻¹), Mg (0.10 kg t⁻¹), S (0.10 kg t⁻¹), B (1.9 x 10⁻³ kg t⁻¹), Cu (0.6 x 10⁻³ kg t⁻¹), Fe (3.4 x 10⁻³ kg t⁻¹), Mn (1.9 x 10⁻³ kg t⁻¹) y Zn (1.7 x 10⁻³ kg t⁻¹) (Bataglia et al., 1977; Paramasivam et al., 2000; Mattos Junior et al., 2003c).

Se ha demostrado que el contenido foliar de N es un buen indicador de ajuste de la dosis de este nutriente de acuerdo con el rendimiento estimado de fruta (Figura 1). La respuesta a la fertilización nitrogenada para la producción de naranjas (Quaggio et al., 1998), mandarinas y tangores Murcott (Mattos Junior et al., 2004) es prácticamente inexistente cuando las concentraciones foliares de N están por encima de 28 g de N kg⁻¹. En el caso de los limones y la lima ácida, el contenido apropiado de N en la hoja es algo menor y se sitúa alrededor de 22 g de N kg⁻¹ (Quaggio et al., 2002; Mattos Junior et al., 2003a).

El ajuste de la fertilización nitrogenada basándose en el análisis foliar es importante porque la falta o exceso de

N afecta el tamaño y calidad de la fruta (Quaggio et al., 2006a). Por ejemplo, las altas dosis de N tienden a aumentar el número de frutos en la planta a expensas de su tamaño, lo que puede ser una desventaja para la comercialización de fruta fresca. La fertilización con K también afecta el tamaño de la fruta. El exceso de K puede reducir la producción de fruta debido a que provoca desbalance nutricional caracterizado por una marcada disminución de las concentraciones foliares de Ca y Mg (Mattos Junior et al., 2004).

Las altas dosis de K aumentan el tamaño del fruto y el grosor de la piel, cualidades deseadas para el mercado de fruta fresca, sin embargo, las plantas con un alto suplemento de K tienden a producir fruta con mayor acidez y menos sólidos solubles, condición que no es apreciada en la industria de jugos (Alva et al., 2006; Quaggio et al., 2006a). Los altos niveles de K disponible en el suelo son comunes en huertos donde se fertiliza utilizando fórmulas tradicionales en la producción de cítricos, dejando de lado el análisis de suelos (Quaggio, 1996).

El manejo de los fertilizantes nitrogenados es importante para asegurar el uso eficiente de este nutriente. Con el mejoramiento de las prácticas de control de malezas en el huerto, utilizando herbicidas o cortadoras para evitar el uso de arados o rejas, los fertilizantes se aplican a la superficie, en ocasiones sobre residuos de las malezas. En estas condiciones, la urea, la fuente de N más común en Brasil, está sujeta a pérdidas por volatilización de amoníaco (NH₃) sino se incorpora en forma mecánica o mediante el agua de riego ó lluvia al suelo. Evaluaciones en huertos comerciales han demostrado que las pérdidas de N proveniente de la urea aplicada a la superficie del suelo puede variar entre 15 y el 45 % del total de N aplicado (Cantarella et al., 2003; Mattos Junior et al., 2003b).

Trabajos realizados en Brasil permitieron, por primera vez, calibrar el análisis de suelo para P y K en cítricos, en base a la extracción de estos elementos con la resina de intercambio de iones (Figuras 2 y 3) (Quaggio et al., 1996, 1998). Los límites de las categorías de

interpretación de los contenidos de K (muy bajo, bajo, medio y alto) son iguales a los usados en cultivos anuales, sin embargo, el nivel crítico de P es más bajo (20 mg dm⁻³).

Los huertos deficientes en P crecen lentamente, las hojas viejas pierden su brillo y pueden tener tamaño excesivo, color bronceado y caerse prematuramente. La fertilización con P en cítricos en Brasil se descuidó por el empleo de parámetros de otros países que sugerían que este cultivo no respondía a este elemento. Esta información fue desarrollada en regiones productoras de cítricos cultivados en suelos desarrollados a partir de sedimentos ricos en P (Jackson et al., 1995). Los suelos de Brasil son generalmente deficientes en este nutriente (Quaggio, 1996).

En cítricos, los fertilizantes se aplican en la superficie del suelo y no se incorporan. Por esta razón, se debe recurrir a fuentes de P soluble en agua si se desea aumentar la eficiencia de uso de los fertilizantes fosfatados. Debido a la escasa movilidad de P en el perfil del suelo es esencial usar la dosis correcta de P a la siembra, durante la instalación del huerto. En el caso de huertos instalados en suelos pobres en P sin aplicación de P, la corrección de la deficiencia es más eficiente aplicando e incorporando toda la dosis requerida en una sola ocasión.

La fertilización de huertos en producción, además de considerar la disponibilidad de nutrientes en el suelo, debe también considerar la producción esperada. En base a esta información se diseñaron recomendaciones de N, P y K para huertos en producción. Las recomendaciones para naranjas con destino a la industria se presentan en la **Tabla 5** y para el mercado fresco en la **Tabla 6**, las recomendaciones para limón Tahití y otros limones en la **Tabla 7** y para mandarinas y tangores Murcott en la **Tabla 8**.

La fertilización se debe hacer durante la temporada de lluvias porque la demanda de nutrientes por parte de los cítricos es mayor cuando se presenta el flujo de crecimiento vegetativo más intenso. La planta debe

Tabla 5. Recomendaciones de fertilización para naranjas con destino a la industria en función del análisis de suelo, análisis foliar y rendimiento esperado.

Rend.	----- N foliar, g kg ⁻¹ -----			----- P resina, mg dm ⁻³ -----				---- K intercambiable, mmol _c dm ⁻³ ----			
	< 23	23 - 27	> 27	< 5	6 - 12	13 - 30	> 30	< 0.7	0.8 - 1.5	1.6 - 3.0	> 3.0
t ha ⁻¹	----- N - P ₂ O ₅ - K ₂ O, kg ha ⁻¹ -----										
< 20	120	80	70	80	60	40	0	80	60	40	0
21 - 30	140	120	90	100	80	60	0	120	100	60	0
31 - 40	200	160	130	120	100	80	0	140	120	80	40
41 - 50	220	200	160	140	120	100	0	180	140	100	50
> 50	240	220	180	160	140	120	0	200	160	120	60

Tabla 6. Recomendaciones de fertilización para naranjas con destino al mercado fresco en función del análisis de suelo, análisis foliar y rendimiento esperado.

Rend.	----- N foliar, g kg ⁻¹ -----			----- P resina, mg dm ⁻³ -----				---- K intercambiable, mmol _c dm ⁻³ ----			
	< 23	23 - 27	> 27	< 5	6 - 12	13 - 30	> 30	< 0.7	0.8 - 1.5	1.6 - 3.0	> 3.0
t ha ⁻¹	----- N - P ₂ O ₅ - K ₂ O, kg ha ⁻¹ -----										
< 20	100	80	60	80	60	40	0	140	120	100	40
21 - 30	120	100	80	120	100	60	0	160	140	120	80
31 - 40	160	140	100	140	120	80	0	200	180	160	100
> 40	180	160	120	160	140	100	0	220	200	180	120

Tabla 7. Recomendaciones de fertilización para limón Tahití y otros limones en función del análisis de suelo, análisis foliar y rendimiento esperado.

Rend.	----- N foliar, g kg ⁻¹ -----			----- P resina, mg dm ⁻³ -----				---- K intercambiable, mmol _c dm ⁻³ ----			
	< 17	18 - 22	> 22	< 5	6 - 12	13 - 30	> 30	< 0.7	0.8 - 1.5	1.6 - 3.0	> 3.0
t ha ⁻¹	----- N - P ₂ O ₅ - K ₂ O, kg ha ⁻¹ -----										
< 20	100	80	60	70	50	30	0	120	100	60	0
21 - 30	140	120	80	90	70	40	0	160	120	80	60
31 - 40	200	160	100	120	100	50	0	220	180	140	80
41 - 50	220	200	120	140	120	60	0	280	200	160	100
> 50	260	220	140	160	140	70	0	300	240	200	120

Tabla 8. Recomendaciones de fertilización para mandarinas y tangores Murcott en función del análisis de suelo, análisis foliar y rendimiento esperado.

Rend.	----- N foliar, g kg ⁻¹ -----			----- P resina, mg dm ⁻³ -----				---- K intercambiable, mmol _c dm ⁻³ ----			
	< 23	23 - 27	> 27	< 5	6 - 12	13 - 30	> 30	< 0.7	0.8 - 1.5	1.6 - 3.0	> 3.0
t ha ⁻¹	----- N - P ₂ O ₅ - K ₂ O, kg ha ⁻¹ -----										
< 20	80	70	60	70	50	30	0	80	60	40	0
21 - 30	110	90	70	90	70	40	0	110	80	50	10
31 - 40	160	130	100	130	100	50	0	160	110	70	20
41 - 50	200	170	140	160	120	60	0	200	140	100	30
> 50	230	190	150	180	140	70	0	220	150	120	40

acumular buenas y equilibradas reservas de nutrientes en la biomasa para garantizar los patrones normales de floración y amarre de fruta (Bustan y Goldschmidt, 1998).

El fraccionamiento de las dosis de N y K en tres o cuatro aplicaciones durante el año aumenta la eficiencia de la fertilización al reducir las pérdidas de nutrientes del suelo con el agua de drenaje (principalmente en suelos arenosos) y al ajustar el suplemento de nutrientes a las demandas de la planta en los diferentes periodos de desarrollo, desde la floración hasta la maduración del fruto. En Brasil se recomienda aplicar de 30 a 40 % del N y K en la floración y el resto dividirlo entre los meses de octubre y mayo del año siguiente. En variedades precoces como Hamlin y Westin, se recomienda que el último fraccionamiento se realice en febrero.

Fertigación

La fertigación es una técnica que permite la aplicación de fertilizantes a las plantas a través del agua de riego. Con el uso de este sistema es posible aumentar el fraccionamiento de los fertilizantes y reducir las dosis de nutrientes que se entregan en cada aplicación.

La fertigación es una práctica reciente en Brasil, especialmente en la industria de cítricos, sector que ha demandado estudios que respondan a las diversas inquietudes sobre esta forma de manejo de la nutrición. Las recomendaciones de fertigación utilizadas en las regiones de clima templado y mediterráneo, como España e Israel, consideran condiciones de suelos con pH alto (> 6.5), diferentes de los suelos ácidos que predominan en Brasil.

Los resultados de investigación en cítricos en suelos tropicales han demostrado que la eficiencia de los fertilizantes aumenta hasta en 25 % utilizando fertirrigación en comparación con el uso de fertilizantes sólidos convencionales (Quaggio et al., 2006b). En consecuencia, en un huerto fertilizado por goteo, las dosis de N y K presentadas en las **Tablas 5 a 8** se pueden reducir hasta en 20 %.

Cuando se utiliza goteo para la fertirrigación, los fertilizantes se aplican en forma localizada lo que promueve mayor acidificación en la sección del suelo donde se localiza el bulbo húmedo. Al contrario, cuando no se utiliza fertirrigación los fertilizantes convencionales se aplican sobre una superficie más grande, lo que reduce el potencial de acidificación. No se recomienda el uso del ácido fosfórico como fuente de P en suelos tropicales ácidos, sin embargo, se lo puede usar para limpiar el sistema de fertirrigación. Debido al mayor costo de las fuentes de P que tienen menor capacidad de acidificación, la fertilización con P se puede hacer en forma convencional (fertilizantes sólidos) utilizando las recomendaciones de las **Tablas 5 a 8**.

Micronutrientes

El boro (B), zinc (Zn) y manganeso (Mn) son los micronutrientes más importantes para la producción de cítricos y los síntomas visuales de deficiencia son más frecuentes (Quaggio et al., 2005; Mattos Junior et al., 2005). La deficiencia de B es cada vez más común en los cítricos debido a la baja disponibilidad del nutriente en el suelo por efecto de condiciones climáticas que reducen la absorción de este nutriente (prolongada sequía o exceso de lluvias). En regiones más frías, la menor transpiración de las plantas reduce la absorción de B (Brown y Shelp, 1997). Las plantas injertadas en la toronja Swingle son más exigentes en B que las injertadas en limonero Cravo (Boaretto et al., 2008).

La deficiencia de Zn se ha generalizado en los huertos de Brasil, principalmente en la variedad Pera (Moreira, 1960). Las plantas de cítricos con deficiencia de Zn tienen pocos brotes de aspecto viejo y sin vigor y el crecimiento del dosel y la producción se reducen. Algunos porta injertos, como las mandarinas Cleopatra y Sunki, son más exigentes en Zn y por lo tanto requieren de aplicaciones adicionales en comparación con el limón Cravo.

La deficiencia de Mn también es común en huertos de cítricos, pero sólo en condiciones severas puede reducir el rendimiento de las plantas. Los síntomas se observan más frecuentemente en la variedad Pera, sobre todo en suelos recientemente encalados o cuando se producen periodos secos durante el verano.



Foto 1. Planta de naranja con síntoma de deficiencia de N. Las hojas, especialmente las más viejas, presentan una coloración verde pálida (Foto de José Antonio Quaggio).



Foto 2. Síntoma de deficiencia de P. Las hojas más viejas tienen un aspecto amarillento a bronceado, el árbol tiende a perder hojas y se ve de poco vigor. La parte central de la fruta tiende a abrirse (Foto de José Antonio Quaggio).

La deficiencia de cobre (Cu) en los cítricos se ha vuelto relativamente común, especialmente durante la formación de la huerta, debido a que en este periodo se hacen muy pocas pulverizaciones con fungicidas cúpricos, práctica muy común cuando el huerto está en producción (Mattos Junior et al., 2005).

La aspersión foliar es la principal forma de aplicar los micronutrientes en la producción de cítricos, no sólo porque se necesitan cantidades pequeñas de micronutrientes, sino también porque evita la adsorción

de los micronutrientes metálicos en los coloides del suelo, lo que reduce la disponibilidad para las plantas (Camargo, 1991). Sin embargo, micronutrientes como Mn, Zn y B tienen baja movilidad en el floema (Labanauskas et al., 1964; Embleton et al., 1965; Boaretto et al., 2002, 2004). Por esta razón, las aplicaciones foliares de micronutrientes deben hacerse durante la etapa de mayor crecimiento vegetativo (primavera y verano), cuando las hojas están todavía jóvenes y el desarrollo de la cutícula es escaso. Esto facilita la absorción y proporciona los micronutrientes necesarios para el desarrollo de nuevos órganos.

En los huertos de menos de 4 años de edad se recomiendan aplicaciones foliares mensuales de Zn, Mn, Cu y B en primavera y verano. Los huertos en producción deben recibir de tres a cuatro pulverizaciones durante la temporada de lluvias, siempre que existan brotes nuevos en la planta. Las fuentes de micronutrientes metálicos (Zn, Mn, Cu) más recomendadas son las sales en forma de cloruros, sulfatos y nitratos. La fuente de B más recomendada para aplicaciones foliares es el ácido bórico, que es compatible con la mayoría de los plaguicidas.

En general, para la fertilización foliar de los cítricos se recomienda utilizar soluciones de las sales mencionadas anteriormente en las siguientes concentraciones: Zn = 500 - 1 000 mg L⁻¹, Mn = 300 - 700 mg L⁻¹, B = 200 - 300 mg L⁻¹ y Cu = 600 - 1 000 mg L⁻¹, junto con 5 g L⁻¹ de urea como adyuvante. Las cantidades de los productos varían según el tipo de sal utilizada (cloruro, sulfato y nitrato). Se deben utilizar las concentraciones más bajas del rango siempre que se utilicen cloruros como fuente de micronutrientes, para evitar la quema de las hojas. Por otro lado, se recomienda utilizar las concentraciones más bajas del rango para aplicaciones de mantenimiento, mientras que cuando existen síntomas visibles de deficiencia se deben emplear concentraciones más altas. La aspersión con soluciones de mayor concentración debe hacerse durante las horas más frescas del día para evitar que se quemen las hojas y frutos.

La aplicación de B en cítricos debe hacerse de preferencia al suelo. Sin embargo, la adición de B a mezclas NPK suele traer problemas de segregación, debido a que es difícil conseguir una fuente granulada de B. La adición de B a los fertilizantes complejos para incorporar el B en el mismo gránulo es ventajosa desde el punto de vista agronómico. La aplicación de ácido bórico disuelto en la solución de herbicidas de contacto como el glifosato es la manera más práctica y eficiente para aplicar B. En general, la aplicación de estos herbicidas se realiza dos o tres veces al año utilizando un volumen de solución de 200 L ha⁻¹, en el cual se puede disolver una dosis de 1 kg de B ha⁻¹ (6 kg de ácido bórico ha⁻¹). Se recomienda una aplicación anual de 2 kg de B ha⁻¹, independientemente de la edad de la



Foto 3. Síntoma de deficiencia de Mg en cítricos. Clorosis intervenal que aparece en las hojas viejas (Foto de Dirceu Mattos Junior).



Foto 4. Arbol con deficiencia de B recuperado con aplicación de este elemento al suelo. Nótese el contraste entre el aspecto atrofiado de los tejidos más viejos en contraste con el crecimiento vigoroso y espontáneo desarrollado después de la aplicación de B (Foto de José Antonio Quaggio).

plantación. Cuando se utilizan porta injertos de toronja Swingle que es más exigente en B se tiene que aumentar la dosis a 3 kg de B ha⁻¹ año⁻¹.

Desórdenes nutricionales: diagnóstico visual

Las concentraciones demasiado bajas provocan deficiencias que promueven la presencia de trastornos característicos en las raíces, tallos, hojas o frutos de las plantas. Lo mismo ocurre con las concentraciones en exceso que provocan toxicidades. Además de los nutrientes, otros elementos tóxicos también pueden causar síntomas de toxicidad cuando se absorben en altas concentraciones.

Normalmente, cuando el problema es agudo, los síntomas de estos trastornos son visibles en las hojas y el desarrollo y rendimiento de la planta se afectan considerablemente. Aunque los síntomas son característicos, éstos pueden confundirse si hay deficiencia o toxicidad de más de un elemento. Otros factores tales como daños causados por plagas y enfermedades también pueden provocar síntomas muy parecidos. Los síntomas de deficiencia de nutrientes



Foto 5. Síntoma de fitotoxicidad de B en una planta adulta, obsérvese la rama con fruta (Foto de José Antonio Quaggio).



Foto 6. Síntoma de deficiencia de Zn en cítricos. Las hojas nuevas presentan clorosis intervenal, poco crecimiento y aspecto lanceolado (Foto de Dirceu Mattos Junior).



Foto 7. Síntoma de deficiencia de Mn en cítricos. Las hojas presentan clorosis intervenal, pero tienen tamaño normal (Foto de Dirceu Mattos Junior).

más comúnmente observados en huertos y viveros de cítricos se presentan en las **Fotos 1 a 7**.

Bibliografía

Alva, A.K., D. Mattos Junior, S. Paramasivam, B. Patil, H. Dou, and K.S. Sjawan. 2006. Potassium management for optimizing citrus production and quality. *International Journal of Fruit Science*, Binghamton, 6(1):3-43.

Bataglia, O.C., O. Rodriguez, R. Hiroce, J.R. Gallo, P.R. Furlani, e A.M.C. Furlani. 1977. Composição mineral de frutos cítricos na colheita. *Bragantia*, 36:215-221.

Boaretto, A.E., T. Muraoka, e I.C. Rêgo. 1996. Calagem e gessagem em citricultura. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS: nutrição, 4. Bebedouro. Anais... Campinas: Fundação Cargill, p. 115-130.

Boaretto, A.E., R.M. Boaretto, T. Muraoka, V.F. Nascimento Filho, C.S. Tiritan, and F.A.A. Mourão Filho. 2002. Foliar micronutrient application effects on citrus fruit yield, soil and leaf concentrations and ⁶⁵Zn mobilization within the plant. *Acta Horticulturae*, 594:203-209.

Boaretto, A.E., R.M. Boaretto, T.L.M. Contin, e T. Muraoka. 2004. É móvel ou imóvel o boro em laranjeiras? *Laranja*, 25:195-208.

Boaretto, R.M., J.A. Quaggio, F.A.A. Mourão Filho, M.F. Giné, and A.E. Boareito. 2008. Absorption and mobility of boron in young citrus plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39:2501-2514.

Brown, P. and B.J. Shelp. 1997. Boron mobility in plants. *Plant and Soil*, 193:85-101.

Bustan, A. and E.E. Goldschmidt. 1998. Estimating the cost of flowering in a grapefruit tree. *Plant Cell and Environment*, 21:217-224.

Camargo, O.A. 1991. Reações e interações de micronutrientes no solo. In: Ferreira, M.E., e M.C.P. Cruz, (Eds.). *Micronutrientes na agricultura*. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, p. 233-272.

Cantarella, H., D. Mattos Junior, J.A. Quaggio, and A.T. Rigolin. 2003. Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 67:1-9.

Embleton, T.W., E.F. Wallihan, and G.E. Goodall. 1965. Effectiveness of soil vs. foliar applied zinc and of foliar applied manganese on California lemons. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 86:253-259.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. 2009. Faostat - statistical databases. Disponível em: <<http://apps.www.fao.org>>. Acesso em: 14 de março de 2009.

Jackson, L.K., A.K. Alva, D.P.H. Tucker, and D.V. Calvert. 1995. Factors to consider in developing a nutrition program. In: Tucker, D.P.H., A.K. Alva, L.K. Jackson, and T.A. Wheaton. (Eds.). *Nutrition of Florida Citrus Trees*. Gainesville: Univ. of Florida, p. 3-12. (SP 169).

Labanauskas, C. K., W.W. Jones, and T.W. Embleton. 1964. Effects of foliar applications of manganese, zinc and urea on yield and fruit quality of Valencia oranges and nutrient concentrations in the leaves,

- peel and juice. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, 82:143-153.
- Mattos Junior, D., J.A. Quaggio, e H. Cantarella. 2003a. Manejo da fertilidade do solo. In: Mattos Junior, D., D. De Negri, e J.O. Figueiredo. Lima ácida Thaiti. Campinas: Instituto Agronômico, p. 67-80.
- Mattos Junior, D., A.K. Alva, S. Paramasivam, and D.A. Graetz. 2003b. Nitrogen mineralization and volatilization in sandy Entisol under citrus trees. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 54:1803-1824.
- Mattos Junior, D., J.A. Quaggio, H. Cantarella, and A.K. Alva. 2003c. Nutrient content of biomass components of Hamlin sweet orange trees. Scientia Agricola, 60:155-160.
- Mattos Junior, D., J.A. Quaggio, H. Cantarella, e S.A. Carvalho. 2004. Modelos de resposta do tangor Murcott à fertilização com N, P e K. Revista Brasileira de Fruticultura, 26:164-167.
- Mattos Junior, D., O.C. Bataglia, e J.A. Quaggio. 2005. Nutrição dos citros. In: Mattos Junior, D., J.D. Negri R.M. Pio, e J. Pompeu Junior. (Eds.). Citros. Campinas, São Paulo: Instituto Agronômico e FUNDAG. p. 197-219.
- Moreira, S. 1960. Um novo problema para nossa citricultura. Revista de Agricultura, 35:77-82.
- Paramasivam, S., A.K. Alva, K. Hostler, G.W. Easterwood, and J.S. Southwell. 2000. Fruit nutrient accumulation of four orange varieties during fruit development. Journal of Plant Nutrition, 23(3):313-327.
- Quaggio, J.A., B. van. Raij, and E. Malavolta. 1985. Alternative use of the SMP-buffer solution to determine lime requirements of soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 16: 245-260.
- Quaggio, J.A., J. Teófilo Sobrinho, and A.R. Dechen. 1992. Response to liming of 'Valencia' orange tree on Rangpur lime: effects of soil acidity on plant growth and yield. Proceedings of the International Society of Citriculture, 2:628-632.
- Quaggio, J.A. 1996. Análise de solo para citros: métodos e critérios para interpretação. In: Donadio, L.C., J.G. Baumgartner. (Coords.). SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS - NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO, 4., Bebedouro. Campinas: Fundação Cargill, p. 95-114.
- Quaggio, J.A., H. Cantarella, and D. Mattos Junior. 1996. Soil testing and leaf analysis in Brazil - recent developments. Proceedings of the International Society of Citriculture, 2:1269-1275.
- Quaggio, J.A., H. Cantarella, and B. van Raij. 1998. Phosphorus and potassium soil test and nitrogen leaf analysis as a basis for citrus fertilization. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 52:67-74.
- Quaggio, J.A. D. Mattos Junior, H. Cantarella, E.L.E. Almeida, and S.A.B. Cardoso. 2002. Lemon yield and fruit quality affected by NPK fertilization. Scientia Horticulturae, 96:151-162.
- Quaggio, J.A., D. Mattos Junior, e H. Cantarella. 2005. Manejo da fertilidade do solo na citricultura. In: Mattos Junior, D., J.D. De Negri, R.M. Pio, e J. Pompeu Junior. (Eds.). Citros. Campinas: Instituto Agronômico, p. 483-517.
- Quaggio, J.A., D. Mattos Junior, and H. Cantarella. 2006a. Fruit yield and quality of sweet oranges affected by nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization in tropical soils. Fruits, 61(5):1-10.
- Quaggio, J. A., G.O. Silva, T.R. Souza, D. Mattos Junior, e Y. Krontal. 2006b. Dinâmica de íons no solo e ganhos de eficiência fertilizante devido a irrigação e fertirrigação na citricultura. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS - FERTBIO, 27., 2006, Bonito, MS. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, CD-ROM.
- Raij, B. van., J.C. Andrade, H. Cantarella, e J.A. Quaggio (Eds.). 2001. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico, 285 p.
- Raij, B. Van., H. Cantarella, J.A. Quaggio, e A.M.C. Furlani. 1997. Recomendações de adubação e calagem no Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 300 p. (Boletim 100).🌱

