

INVESTIGACIÓN

EFFECTO DE DIFERENTES FERTILIZANTES POTÁSICOS EN EL CONTENIDO FOLIAR DE NUTRIENTES, PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FRUTA EN NARANJO cv. VALENCIA¹

Effects of different potassium fertilizers on foliar content of nutrients, yield and fruit quality in orange trees cv. Valencia

José Domingo Opazo A.² y Bruno Razeto M.²

A B S T R A C T

The orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) has high potassium requirements. Nutritional studies in Chile have identified orange orchards with foliar contents below the critical level (7.0 g kg⁻¹). The objectives of this study were to evaluate the potassium fertilizers KCl, KNO₃, K₂SO₄ and K-MgSO₄ (double salt of potassium and magnesium) and to determine their effects on fruit quality and yield after three years of annual applications. Eighteen-year-old orange trees cv. Valencia grown on La Rosa soil series classed as Mollisol were used. Conventional furrow irrigation with three furrows between the rows was employed. The initial average leaf K concentration was 5.7 g kg⁻¹, which corresponds to a low level. The available K level in the soil was medium, from 0 to 20 cm in depth, and low, from 20 to 40 cm. The foliar K content increased in the second year in the KNO₃ and K₂SO₄ treatments and in the third year in all the treatments with regard to the control. The highest K concentration was obtained with KNO₃ (6.8 g kg⁻¹). K-MgSO₄ increased Mg concentration from a low (2.1 g kg⁻¹) to an optimum level (2.6 g kg⁻¹). KCl raised the content of foliar chloride from 0.11 to 0.15 g kg⁻¹. No increment occurred in fruit yield but fruit size did increase. Treatments with potassium also increased juice acidity.

Key words: potassium, orange tree, *Citrus sinensis*, foliar analysis, fruit size.

R E S U M E N

El naranjo (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) tiene altos requerimientos de potasio. Los estudios nutricionales en Chile han identificado huertos con contenidos foliares bajo el nivel crítico (7,0 g kg⁻¹). Los objetivos del estudio fueron evaluar distintos fertilizantes potásicos: KCl, KNO₃, K₂SO₄ y K-MgSO₄ (sal doble de potasio y magnesio) y determinar los efectos en la calidad y rendimiento de fruta luego de tres años de aplicación. Se utilizaron árboles cv. Valencia, de 18 años, plantados en un suelo correspondiente a la Serie La Rosa, clasificado como Mollisol. El riego correspondió al convencional por surcos, tres surcos entre las hileras. La concentración promedio de K foliar inicial fue de 5,7 g kg⁻¹, el cual es un nivel bajo. El nivel de K disponible en el suelo era medio a 0-20 cm y bajo a 20-40 cm de profundidad. El contenido foliar de K se incrementó en el segundo año en los tratamientos KNO₃ y K₂SO₄ y en el tercer año en todos los tratamientos, con respecto

¹Recepción de originales: 11 de mayo de 2000.

²Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Casilla 1004, Santiago, Chile.

E-mail: jopazo@uchile.cl brazeto@uchile.cl

al testigo. La concentración de K más alta se obtuvo con KNO_3 ($6,8 \text{ g kg}^{-1}$). El K-MgSO_4 incrementó la concentración de Mg de un nivel bajo ($2,1 \text{ g kg}^{-1}$) a un nivel óptimo ($2,6 \text{ g kg}^{-1}$). El KCl incrementó el contenido de cloruro foliar de $0,11$ a $0,15 \text{ g kg}^{-1}$. No se presentó incremento en rendimiento de fruta, pero sí en el tamaño de ésta. Los tratamientos con K produjeron un aumento en la acidez del jugo.

Palabras clave: potasio, naranjo, *Citrus sinensis*, análisis foliar, tamaño de fruto.

INTRODUCCIÓN

Los estudios nutricionales en huertos de cítricos realizados en Chile por Benito y Ruiz (1975) encontraron que en un importante número de ellos, los contenidos de potasio (K) foliar eran bajos. En estos estudios también se señaló que en Chile no se aplicaba K en los huertos de naranjos.

Los cítricos, dentro de las especies frutales, se señalan como altamente extractivos de K, con la particularidad que el fruto tiene un alto contenido de este nutriente. La extracción anual de K en el naranjo (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) es de alrededor de 100 kg ha^{-1} para un rendimiento de 40 t ha^{-1} (Koo, 1985) y la exportación de K por el fruto es del orden de 40 kg ha^{-1} , según los datos citados por Kampfer (1966), lo cual implica que el fruto del naranjo contiene alrededor de un 40% del K total absorbido.

Diversas publicaciones indican los efectos de la aplicación de K en cítricos, los cuales son especialmente relevantes en los frutos. En general, un aumento en el nivel de K determina un aumento en el tamaño del fruto, en el grosor de la cáscara y en la acidez del jugo. Estos efectos han sido citados por Smith (1966), Chapman (1968) y Embleton *et al.* (1978).

La fertilización con K en cítricos frecuentemente se realiza con sulfato de potasio, pero en el mercado también existen otros fertilizantes potásicos como alternativas. Al respecto, Davies y Albrigo (1994), señalaron que el K en cítricos es usualmente aplicado como cloruro, sulfato o nitrato de potasio. En Chile hasta la fecha no se han

realizado investigaciones con aplicaciones de K en cítricos, como tampoco se han comparado diferentes fertilizantes potásicos en naranjo.

El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de diferentes fertilizantes potásicos en la nutrición mineral, producción, tamaño y calidad de la fruta en naranjo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la presente investigación se seleccionó un huerto con las siguientes características: debía corresponder al cv. Valencia, ya que es el más plantado en Chile; estar en plena producción, considerando la gran demanda de K por la fruta; ser árboles homogéneos, con excelente manejo y control sanitario, además de presentar el nivel de K foliar más bajo posible. En la hacienda La Rosa de la Sociedad Agrícola La Rosa Sofrugo S.A. se encontró un huerto con dichas características, el cual fue elegido para el ensayo. El ensayo se estableció en el Huerto Posesiones, de la Hacienda La Rosa, ubicada en la comuna de Peumo, provincia de Cachapoal, VI Región ($34^{\circ}19'$ lat. Sur, $71^{\circ}15'$ long. Oeste).

Los árboles correspondieron a naranjo (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) cv. Valencia, injertados sobre *Troyer citrange*. El huerto tenía 18 años a la fecha del inicio del ensayo y la distancia de plantación era de $7 \times 7 \text{ m}$. El huerto se regaba por surcos y las malezas se controlaban con rastra en la entre hilera aproximadamente con tres labores anuales, y en la hilera con herbicida. En el programa de fertilización del huerto en los años anteriores al ensayo sólo se aplicaba urea en una dosis de 980 g por árbol, en el mes de

septiembre (término de la estación invernal), lo cual se mantuvo durante el período de la investigación.

El suelo correspondió a la Serie La Rosa, clasificada como de la familia Franca gruesa, mixta, térmica; sub grupo Calcic Haploxeroll; orden Mollisol (CIREN, 1996). Suelo de origen aluvial ubicado en una de las terrazas del río Cachapoal, profundo, de textura franco limosa, arcillosa a franco arcillo arenosa en superficie. El drenaje es moderado a bueno, la permeabilidad moderadamente rápida, el régimen de humedad es xérico. La precipitación media anual es de 505 mm y la temperatura media anual 19,1 °C con un período libre de heladas de 11 meses. Algunas de las propiedades químicas del suelo se presentan en el Cuadro 1.

Los fertilizantes potásicos empleados correspondieron a los comunes del mercado nacional y fueron analizados en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Laboratorio de Fertilizantes del Centro Regional de Investigación La Platina, con el objeto de verificar su grado.fertilizante. Los resultados se presentan en el Cuadro 2.

Los tratamientos fueron: 1. Testigo (sin aplicación de potasio). 2. Cloruro de potasio (KCl). 3. Nitrato de potasio (KNO₃). 4. Sulfato de potasio (K₂SO₄). 5. Sulfato de potasio y magnesio (K-MgSO₄). Los fertilizantes se aplicaron en forma manual a mediados del mes de octubre de cada año (1990, 1991, 1992) en dos surcos, uno a

cada lado de la proyección de la copa del árbol, a la profundidad de 25 cm. Cada año se utilizó una dosis equivalente a 3 kg de K₂O por árbol.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y seis repeticiones. La unidad experimental (un árbol) quedó completamente aislada por ocho árboles sin tratar como borde.

Para caracterizar el suelo, en septiembre de 1990 se tomaron muestras compuestas en cuatro puntos del huerto, con barreno a la profundidad de 0-20 cm y 20-40 cm, tomando para la muestra compuesta 15 muestras en la proyección de la copa de los árboles antes de establecer el ensayo.

Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Química de Suelos y Aguas, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Los métodos fueron: pH por el método potenciométrico en el sobrenadante de una suspensión de suelo: agua de 1:2,5; materia orgánica (MO) por el método de oxidación por vía húmeda de Walkley-Black; conductividad eléctrica (CE) por conductivimetría en el extracto de saturación; capacidad de intercambio catiónico (CIC) por el método de saturación con acetato de sodio 1 M a pH 7,0, usando percolación; cationes de intercambio por el método de percolación con acetato de amonio 1 M a pH 7,0; el Na y K se midieron por fotometría de llama y el Ca y Mg por espectrometría de absorción atómica (EAA).

Cuadro 1. Algunas propiedades químicas del suelo¹
Table 1. Some chemical properties of the soil

Profundidad cm	pH	MO %	CE DS m ⁻¹	CIC -----	Cationes de intercambio			
					K	Na	Ca	Mg
					cmol (+) kg ⁻¹ -----			
0-20	6,2	3,7	2,7	26,4	0,50	0,44	21,2	5,1
20-40	6,4	2,8	1,7	25,2	0,25	0,50	21,0	4,5

¹MO = materia orgánica; CE = conductividad eléctrica; CIC = capacidad de intercambio catiónico.

Cuadro 2. Concentración de elementos minerales en los fertilizantes empleados
Table 2. Concentration of mineral elements in the fertilizers employed

Fertilizante	Color	K ₂ O ¹	Mg	Cl	S	N
		----- % -----				
Cloruro de potasio	Cristales rojos y blancos	60		46		
Nitrato de potasio	Cristales blancos	44				13
Sulfato de potasio	Cristales rojos y pardos	50			17	
Sulfato de potasio y magnesio ²	Cristales blancos y pardo amarillentos	22	11		22	

¹Para transformar porcentaje de K₂O a porcentaje de K dividir por 1,2.

²Si bien el sulfato de potasio y magnesio tiene como fórmula K₂SO₄ - MgSO₄, en el presente artículo se abrevia como K-MgSO₄. Corresponde a la sal doble de sulfato de potasio y sulfato de magnesio, con una pequeña cantidad de cloruro de sodio.

Se realizaron análisis foliares antes de establecer el ensayo y luego anualmente, para lo cual se tomaron muestras de hojas con pecíolo en cada unidad experimental en la primera semana de marzo, correspondiente al brote de primavera. Se eligieron brotes sin frutos y sin crecimiento nuevo. Se colectaron individualmente 50 hojas por árbol, tomadas en el contorno del árbol a una altura de aproximadamente 2 m, según lo recomendado por Embleton *et al.* (1978). Se tomaron la segunda y tercera hoja desde la punta del brote hacia la base, como criterio uniforme.

Las muestras foliares se analizaron en el Laboratorio de Análisis Foliar de la misma Facultad. Las muestras se secaron a 65 °C y se molieron en un molinillo marca Wiley con malla de 20. El N se determinó por el método micro-Kjeldahl y el Cl por el método de electrodos específicos. El K se determinó por el método de fotometría de llama, y el Mg por espectrometría de absorción atómica, después de calcinar la muestra a 525 °C y dilución con HCl concentrado.

Para determinar los efectos de las aplicaciones de K sobre la producción y calidad de la fruta, cada año se realizaron las siguientes mediciones por árbol: número y peso de frutos a la cosecha; calibre de la fruta en la línea de "packing"; grosor de la cáscara y acidez del jugo mediante titulación con NaOH 0,1 M. Estas dos últimas va-

riables se determinaron en una muestra representativa de 60 frutos por árbol, tomados al azar.

Los resultados fueron sometidos a ANDEVA y cuando se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$) se realizó la prueba de comparación múltiple de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades del suelo

En el Cuadro 1 se presentan algunas propiedades del suelo del huerto. Los valores de la CIC y MO señalan que se trata de un suelo con buenas propiedades químicas y de fertilidad. La saturación de Ca es alta y la de Na baja, condición favorable para esta especie frutal.

La CE es ligeramente alta (2,7 dS m⁻¹); para naranjo se señala como recomendable un valor menor de 2,4 dS m⁻¹ (Ayers y Westcot, 1987). El contenido de K de intercambio en superficie es medio, pero de 20 - 40 cm el nivel es bajo según los estándares citados por Cottenie (1984).

Los bajos contenidos de K de intercambio en profundidad explicarían las bajas concentraciones foliares de K (valores iniciales inferiores a 7,0 g kg⁻¹). Esto como consecuencia del laboreo

mecánico con que se manejaba el suelo en este huerto, lo que ha provocado el desarrollo de raíces hacia la parte baja del perfil. Las concentraciones de Mg foliar también se ubicaban en el rango bajo, según los estándares indicados por Embleton *et al.* (1978), quienes señalaron como rango bajo para Mg concentraciones entre 1,6 y 2,5 g kg⁻¹, deficiencia que también ha sido caracterizada en los huertos de naranjo en Chile (Benito y Ruiz, 1975; Razeto, 1985).

Rendimiento y número de frutos por árbol

En el Cuadro 3 se presentan los rendimientos por árbol y el número de frutos. Como se puede apreciar, no hay diferencias significativas entre los tratamientos. Asumiendo un rendimiento promedio de 220 kg por árbol, el rendimiento estimado para el huerto es de 45 t ha⁻¹, considerado alto y muy similar al señalado por Koo (1985) para condiciones de EE.UU.

Embleton *et al.* (1978) señalaron que el K puede incrementar el rendimiento de fruta y el número de frutos cosechados cuando las concentraciones de éste en las hojas son muy bajas (en el rango de 3,0 a 5,0 g kg⁻¹). Sobre 7,0 g kg⁻¹ de K en las hojas es poco probable un incremento de rendi-

miento. Alva y Tucker (1999) indicaron como una concentración deficiente un nivel de 7,0 g kg⁻¹ de K. La concentración más baja encontrada en los árboles del huerto al inicio del ensayo fue de 5,0 g kg⁻¹. Por otra parte, el huerto tenía un potencial productivo alto, lo que indicaba que el K no estaba limitando el rendimiento y sólo afectaba el calibre de la fruta, como se comprobó con los resultados de este estudio.

Las recomendaciones extranjeras indican la conveniencia de aplicar K con niveles superiores a 7,0 g kg⁻¹ de K en las hojas sólo cuando el fruto es pequeño y se presenta bufado ("creasing") (Embleton *et al.*, 1978). El bufado corresponde a una cáscara blanda, que se hunde al presionarla con los dedos. Esto también es indicado por Davies y Albrigo (1994), quienes señalaron que un bajo nivel de K en las hojas se relaciona con un fruto de tamaño pequeño y cáscara delgada. La cáscara delgada predispone a la partidura del fruto, a una ruptura de la cáscara en la zona del pedicelo en la cosecha y al bufado. En el huerto donde se realizó este estudio se detectó una presencia muy baja de bufado y, por lo tanto, no se evaluó.

Peso promedio del fruto

El peso promedio del fruto aumentó significativamente ($P \leq 0,05$) en el tercer año de aplicación (Cuadro 3), lo que indica al K como un factor determinante en el problema de calibre (tamaño del fruto). Esto coincide con Embleton *et al.* (1978), quienes señalaron que bajo una concentración de 13,0 g kg⁻¹ de K en las hojas, la aplicación de K incrementa el tamaño del fruto. Koller y Schawarz (1995) en *Citrus sinensis* x *Citrus reticulata* también encontraron que los niveles altos de K fertilizante incrementaron el peso promedio de los frutos.

El cloruro de potasio (KCl) y nitrato de potasio (KNO₃) incrementaron significativamente ($P \leq 0,05$) el peso promedio del fruto. Los valores en los tratamientos con sulfato de potasio (K₂SO₄) y sulfato de potasio y magnesio (K-Mg SO₄),

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos en el rendimiento, número de frutos y peso promedio del fruto en el tercer año de aplicación

Table 3. Effect of treatments on yield, fruit number and mean fruit weight at the third year of application

Tratamiento	Rendimiento, kg/árbol	Nº de frutos/árbol	Peso promedio fruto, g
Testigo	187 a ¹	1.722 a	108,6 a
KCl	201 a	1.487 a	145,1 b
KNO ₃	231 a	1.780 a	135,3 b
K ₂ SO ₄	245 a	2.073 a	123,5 ab
K-MgSO ₄	200 a	1.603 a	125,4 ab

¹Letras distintas en cada columna, indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$).

aun cuando mayores que el testigo no fueron significativos, lo cual indicaría que el efecto de estos dos últimos fertilizantes sobre el peso del fruto sería más lento. Estos resultados se relacionan con las concentraciones de K en las hojas en el tercer año (Cuadro 6).

Calibre de fruto

En el Cuadro 4 se presentan los valores de calibre por tratamiento expresado en porcentaje. El número de calibre corresponde al número de frutos embalados en una caja de 18 kg, por tanto, un valor más alto, corresponde a un fruto más pequeño. Según los resultados, el tratamiento testigo tuvo los mayores porcentajes de fruta de menor tamaño, mientras que los tratamientos KNO_3 y KCl los mayores porcentajes de fruta grande. En general, se confirma el significativo efecto que tienen las aplicaciones de K en el tamaño del fruto cítrico (Smith, 1966; Chapman, 1968; Embleton *et al.*, 1978).

Grosor de la cáscara, porcentaje de jugo y acidez del jugo

Davies y Albrigo (1994) señalaron que el tamaño del fruto y el grosor de la cáscara aumentan con niveles crecientes de K y el contenido de jugo disminuye levemente.

En el presente ensayo, el grosor de la cáscara se incrementó levemente en todos los tratamientos con K en el tercer año, pero las diferencias no

fueron significativas con el testigo y el porcentaje de jugo no varió, siendo del orden de 40%. La acidez titulable del jugo fue más alta en todos los tratamientos con K y significativamente más alta ($P \leq 0,05$) en los tratamientos KNO_3 , K_2SO_4 y $K-MgSO_4$ (Cuadro 5).

Concentraciones de potasio en las hojas

En el Cuadro 6 se puede comprobar que en el primer año, las aplicaciones de K no incrementaron significativamente las concentraciones de este elemento en las hojas. En el segundo año los valores más altos correspondieron a los tratamientos KNO_3 y K_2SO_4 . En el tercer año las concentraciones en todos los tratamientos de aplicación de K fueron significativamente ($P \leq 0,05$) más altas que en el testigo, lo cual estaría confirmando la lenta respuesta que generalmente presentan los frutales a las aplicaciones de K al suelo (Razeto, 1999). Esta lenta respuesta podría obedecer a una fijación de K por la arcilla de este suelo (25% de arcilla). Wolf (1999) indica que el potasio intercambiable en un suelo con 25% de arcilla debe ser diez veces más alto en comparación a un suelo arenoso (2,5% de arcilla), para tener una adecuada concentración de K en la solución de suelo.

La concentración en el tratamiento testigo fue disminuyendo hasta aproximarse a un valor cercano al crítico capaz de afectar el rendimiento. Esto indicaría que el suministro natural de K del suelo, unido a un aporte anual en el agua de riego

Cuadro 4. Calibre de frutos determinado en la línea de "packing" en el tercer año de aplicación, expresado en porcentaje del total de frutos

Table 4. Fruit caliber in the packing line at the third year of application as percent of total fruit

Tratamiento	70	80	90	100	110	120	135	Total
	----- Porcentaje de frutos por calibre -----							
Testigo	0,0	2,9	0,6	9,5	3,8	16,0	67,2	100
KCl	0,1	0,8	11,9	15,4	22,1	26,3	23,4	100
KNO_3	0,0	2,0	7,4	25,5	9,2	30,0	26,0	100
K_2SO_4	0,0	0,0	1,6	13,3	7,1	24,4	53,6	100
$K-Mg SO_4$	0,0	0,1	1,2	12,6	12,6	24,3	49,3	100

Cuadro 5. Grosor de cáscara, porcentaje de jugo y acidez titulable del jugo, en el tercer año de aplicación

Table 5. Rind thickness, juice percentage and titratable acidity in the third year of application

Tratamiento	Grosor de cáscara mm	Porcentaje de jugo %	Acidez titulable % ácido cítrico
Testigo	7,68 a ¹	36,79 a	1,14 a
KCl	8,61 a	37,58 a	1,26 ab
KNO ₃	8,49 a	37,37 a	1,43 b
K ₂ SO ₄	8,03 a	37,23 a	1,42 b
K-Mg SO ₄	8,45 a	35,53 a	1,36 b

¹Letras distintas en cada columna, indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$).

Cuadro 6. Concentración de potasio en las hojas para cada año. Brote de primavera, muestra tomada en marzo

Table 6. Foliar potassium concentration each year. Spring shoot, sample obtained in March

Tratamiento	Año		
	1991	1992	1993
	----- g kg ⁻¹ -----		
Testigo	5,5 a ¹	5,0 a	4,5 a
KCl	6,3 a	5,1 a	6,1 b
KNO ₃	6,2 a	6,2 b	6,8 b
K ₂ SO ₄	5,8 a	5,9 b	6,0 b
K-MgSO ₄	5,7 a	5,2 a	6,1 b

¹Letras distintas en cada columna, indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$).

de aproximadamente 23 kg ha⁻¹ de K, fue insuficiente para compensar las extracciones que efectúa el árbol, especialmente a través de la fruta. En efecto, el valor más bajo de rendimiento se obtuvo en el testigo (Cuadro 3). Hay una diferencia de casi 12 t ha⁻¹ entre el valor más alto y el testigo.

Para el cv. Valencia, Carranca *et al.* (1993) señalaron un rango de K óptimo en hojas de brote sin fruto entre 4,0 y 5,3 g kg⁻¹. En este experimento, en el tercer año sólo el testigo presentó un valor cercano al nivel más bajo del K foliar óptimo. Sin embargo, según los estándares usados en California (Embleton *et al.*, 1978), el testigo se encontraría en un nivel bajo, los árboles tratados con KCl, K₂SO₄ y K-MgSO₄ en un nivel medio a bajo, y sólo aquellos tratados con KNO₃ en un nivel óptimo. Por otra parte, según los estándares de Alva y Tucker (1999), ningún tratamiento alcanzó el nivel óptimo de K de 12 a 17 g kg⁻¹.

Concentración de cloruro, magnesio y nitrógeno en las hojas

En el Cuadro 7 se puede comprobar que el tercer año en el tratamiento con KCl se incrementó significativamente ($P \leq 0,05$) la concentración de Cl en las hojas. En frutales se presentan síntomas de toxicidad con concentraciones sobre 3,0 g kg⁻¹, por lo que el valor alcanzado está muy por debajo de dicho valor señalado por Ayers y Westcot (1987). Embleton *et al.* (1978) señalaron un valor de 7,0 g kg⁻¹ como excesivo en cítricos.

Cuadro 7. Concentración de cloruro, magnesio y nitrógeno en las hojas en el tercer año de aplicación

Table 7. Chloride, magnesium and nitrogen concentration in the leaves at the third year of application

Tratamiento	Nutriente (g kg ⁻¹)		
	Cloruro	Magnesio	Nitrógeno
Testigo	0,10 a ¹	2,4 a	27,4 a
KCl	0,15 b	2,2 a	26,5 a
KNO ₃	0,10 a	2,3 a	28,1 a
K ₂ SO ₄	0,10 a	2,3 a	27,1 a
K-MgSO ₄	0,10 a	2,6 b	27,0 a

¹Letras distintas en cada columna, indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0,05$).

El Mg se incrementó significativamente ($P \leq 0,05$) en el tratamiento con $K-MgSO_4$ alcanzando el rango óptimo señalado por Embleton *et al.* (1978). En los otros tratamientos el Mg se encuentra en un nivel bajo según los mismos autores. Es interesante hacer resaltar el incremento en los niveles foliares de K y Mg conseguido con este fertilizante, si se considera que ambos elementos son antagónicos en frutales, lo cual se explicaría por el aporte simultáneo de ambos elementos.

El tratamiento con KNO_3 si bien tiene el valor de concentración más alto de N en hojas, no fue significativamente diferente a los otros tratamientos. Esto, probablemente, se explique por el alto nivel de N existente en todos los árboles del huerto, como resultado de la fertilización anual con urea.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos bajo las condiciones en que se realizó la presente investigación se obtuvieron las siguientes conclusiones:

En huertos bajo riego convencional, en un suelo con $0,5 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ de K intercambiable en los primeros 20 cm y $0,25 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ entre 20 y 40 cm, y con concentraciones medias a bajas de potasio en las hojas, no se incrementa el rendimiento ni el número de frutos por árbol, luego de tres años de aplicación de fertilizantes potásicos al suelo. En cambio, sí se incrementa el tamaño del fruto, tanto en peso como en calibre en el tercer año.

De los cuatro fertilizantes comparados (cloruro de potasio, nitrato de potasio, sulfato de potasio y sulfato de potasio y magnesio), los dos primeros aparecen más rápidos o eficientes en su efecto sobre el tamaño del fruto.

Los fertilizantes potásicos aplicados al suelo con riego convencional, son lentos en su acción, pues el nivel de potasio en las hojas subió significativamente sólo al tercer año de aplicación, a excepción del nitrato de potasio y sulfato de potasio cuyo efecto se presentó ya al segundo año.

El nivel foliar de potasio va disminuyendo año tras año en árboles que no son fertilizados con este elemento.

Las aplicaciones de sulfato doble de potasio y magnesio aumentan significativamente la concentración de magnesio en las hojas.

Las aplicaciones de cloruro de potasio incrementan significativamente la concentración de cloruro en las hojas, pero dentro de niveles normales.

Las aplicaciones de nitrato de potasio, como aporte de potasio, no elevan el contenido foliar de nitrógeno a un nivel excesivo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Sociedad Agrícola La Rosa SOFRUCO S.A. el financiamiento y facilidades otorgadas para el desarrollo de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

Alva, A.K., and D.P., Tucker. 1999. Soils and citrus nutrition. p. 59-71. *In* Timmer, L.W., and L.W., Duncan (eds.). Citrus health management. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA.

Ayers, R.S., y D.W., Westcot. 1987. La calidad del agua en la agricultura. 174 p. Estudio FAO Riego y Drenaje 29. Rev. 1. FAO, Roma, Italia.

- Benito, A., y R. Ruiz. 1975. Prospección nutricional de cítricos en las provincias de Santiago, O'Higgins y Colchagua. *Agricultura Técnica (Chile)* 35:70-77.
- Carranca, C., J. Baeta, M. Fragoso, and M. Van Beusichem. 1993. Effect of N K fertilization on leaf nutrient content and fruit quality of 'Valencia Late' orange trees. p. 445-448. *In* Fragoso, M. (ed.). *Proceedings of the Eighth International Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition*, 31 August – 8 September, 1992, Lisbon, Portugal. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- CIREN. 1996. Estudio Agrológico, VI Región. Tomo I. p. 1-230. Publicación 114. Centro de Información de Recursos Naturales, Santiago, Chile.
- Chapman, H. 1968. The mineral nutrition of citrus. p. 127-289. Vol. 2. *In* Reuther, W. (ed.) *The citrus industry*. University of California, Division of Agricultural Sciences, California, USA.
- Cottenie, A. 1984. Los análisis de suelos y plantas como base para formular recomendaciones sobre fertilizantes. 116 p. *Boletín de Suelos* 38-2. FAO, Roma, Italia.
- Davies, F., and G. Albrigo. 1994. *Citrus*. 254 p. CAB International, Wallingford, United Kingdom.
- Embleton, T.W., W.W. Jones, and R.G. Platt. 1978. Leaf analysis as a guide to citrus fertilization. p. 4-9. *Bulletin* 1879. *In* Reisenauer, H.M. (ed.). *Soil and plant tissue testing in California*. University of California, Division of Agricultural Science, California, USA.
- Kampfer, M. 1966. Nuevos conocimientos sobre la fertilización de cítricos. *Boletín Verde*. 104 p. Informe sobre fertilización. Hannover, Alemania.
- Koller, O.T., and S.F. Schawarz. 1995. Phosphorus and potassium fertilization of Tangor "Murcott". *Pesquisa Agropecuaria Gaucha (Brazil)* 1:33-36.
- Koo, R.C.J. 1985. Potassium nutrition of citrus. p. 1077-1085. *In* Munson, R. (ed.). *Potassium in agriculture*. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Razeto, B. 1985. Deficiencia de magnesio en frutales. *Revista ACONEX (Chile)* 11:15.
- Razeto, B. 1999. *Para entender la fruticultura*. 373 p. 3a ed. Santiago, Chile.
- Smith, P. 1966. Citrus nutrition. p. 174-207. *In* Childers, N.F. (ed.). *Fruit nutrition*. Horticultural Publications. Rutgers-The State University, New Brunswick, New Jersey, USA.
- Wolf, B. 1999. *The fertile triangle. The interrelationship of air, water, and nutrients in maximizing soil productivity*. 463 p. Food Products Press. The Haworth Press, New York, USA.