Correlación entre la calidad de la fruta del naranjo y los micronutrimentos considerando el balance de los nutrimentos a través de relaciones binarias

Correlation between orange fruit quality and micronutrients considering the nutrient balance trough binary relationships

Pedro TORRES[1], Jesús AULAR ✉[1], Marcos RENGEL[2], José MONTAÑO[2] y Yecenia RODRÍGUEZ[1]

[1]Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado"- Postgrado en Horticultura, Barquisimeto, estado Lara, Venezuela y [2]Agri de Venezuela C.A. E-mail: jesusaular@ucla.edu.ve ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 29/05/2008
Primera revisión recibida: 13/05/2009
Fin de primer arbitraje: 12/02/2009
Aceptado: 23/07/2009

RESUMEN

Con el objeto de determinar las correlaciones entre los niveles foliares de micronutrimentos y la calidad de la fruta del naranjo, considerando el balance entre los nutrimentos a través de relaciones binarias; se realizó un muestreo, en un huerto en la localidad de Nirgua, estado Yaracuy; en 30 plantas de 20 años de edad, de naranjo 'Valencia' injertadas sobre mandarino 'Cleopatra'. En cada planta se tomaron 12 muestras, de 12 frutas cada una, a las que se determinaron: masa fresca, diámetro polar, diámetro ecuatorial, espesor de cáscara, porcentaje de zumo, acidez total titulable (ATT), sólidos solubles totales (SST) y el índice de madurez (SST/ATT). Además, se colectaron 15 muestras de tejido foliar para determinar la concentración de los microelementos esenciales y se calcularon, como producto o cociente, todas las relaciones binarias, es decir: Concentración de elemento A x Concentración de elemento B, Concentración de elemento A / Concentración de elemento B y Concentración de elemento B / Concentración de elemento A. Se evaluó la correlación de Pearson para las variables de calidad y la concentración de los microelementos, y también para las variables de calidad y las diferentes relaciones binarias calculadas. Se obtuvieron 37 relaciones binarias correlacionadas con las variables de calidad en forma significativa o altamente significativa. Las relaciones binarias explicaron mejor el comportamiento de los datos de las variables calidad que solo las concentraciones foliares de los micronutrimentos.

Palabras clave: Nivel foliar de micronutrientos, sólidos solubles, acidez total, porcentaje de zumo.

ABSTRACT

With the objective of determining the correlations among the quality of the orange fruit and the foliar micronutrients levels, considering the balance among the nutrients through binary relationships; thirty orange trees (*Citrus sinensis* L. (Osb.) cv. 'Valencia' grafted on mandarin 'Cleopatra' were selected in a 20 year-old orchard, in the town of Nirgua, in Yaracuy state. In each plant were collected 12 samples of 12 fruits and were determined the variables: fresh mass, equatorial and polar diameter, peel thickness, juice percentage, total tiritable acidity (TTA), total soluble solids (TSS) and the ratio (TSS/TTA). Fifteen foliar samples were collected to determine the concentration of the essential elements. Later on, the binary relationships (that is to say: concentration of element A x concentration of element B, concentration of element A / concentration of element B; and concentration of element B / concentration of element A) among all micronutrients concentrations were calculated. The Pearson correlation was evaluated for quality variables and the microelements concentration, and also for quality variables and all binary relationships. Thirty seven statistical binary relationships were obtained. The binary relationships explained the behavior of quality variables better than micronutrients foliar concentrations.

Key words: Foliar microelements levels, soluble solids, total acidity, percentage of juice.

INTRODUCCIÓN

Los cítricos son uno de los principales rubros frutícolas cultivados en el mundo, para el año 2006 había una superficie total de 6.742.917 hectáreas plantadas, siendo los principales: naranjas, limas, limones, mandarinas, clementinas, tangerinas, toronjas y pomelos. Esa área produjo 108.008.521,2 toneladas métricas de fruta fresca (FAO, 2008).

La calidad de las frutas de cítricos es afectada al presentarse problemas nutricionales; como en el

caso de la deficiencias de cobre (Cu) que puede disminuir el tamaño de las frutas, y las deficiencias de boro (B) que produce el secamiento de las vesículas de zumo (Malavolta *et al.*, 2008). Por lo que el diagnostico nutricional es importante para evaluar calidad la fruta de los cítricos (Mattos *et al.*, 2005b). Debido a que en la mayoría de las unidades de producción, generalmente solo se aplican fertilizantes basados en macronutrientes, hay una tendencia a que las carencias nutricionales ocurran con los micronutrientes, las cuales generalmente se manifiestan en suelos con pH alcalinos debido a la insolubilización de cationes como hierro, cobre, manganeso y zinc (Avilán y Leal, 1988).

La relación que existe entre los elementos minerales y las variables de calidad en frutas se ha evaluado comúnmente a través de la correlación de Pearson. Fidalski *et al.* (2000), mediante la misma, correlacionaron positivamente la masa fresca de las frutas del naranjo con el tenor foliar de zinc (Zn) en huertos de baja productividad. No obstante, cada una de las variables que define la calidad es el producto de la interacción de múltiples elementos (De Almeida y Baumgartner, 2002), haciéndose necesario considerar el balance entre los elementos sí se quiere mejorar los rendimientos o la calidad (Malavolta, 2006).

El objetivo de la presente investigación fue determinar las correlaciones entre el nivel foliar de los micronutrimentos y la calidad de la fruta del naranjo, considerando el balance entre los estos elementos a través de relaciones binarias.

MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreo se realizó en la Frutícola Potrerito, en la localidad de Nirgua, estado Yaracuy, Venezuela; durante el año 2006, en 30 plantas de 20 años de edad, de naranjo 'Valencia' injertadas sobre mandarino 'Cleopatra'. La distancia de siembra era 7 m entre línea y 4 m en la línea. El huerto recibió la aplicación de prácticas hortícolas rutinarias de riego, combate de malezas y fertilización. En relación a esta última no se aplicaron microelementos. La interpretación del resultado del análisis de suelo de una muestra enviada al laboratorio 'Plant Crops Laboratories', ubicado en York, Inglaterra, UK, fue la siguiente: pH 7,1 (Neutral); cinc (Normal); Manganeso (Muy bajo); Boro (Muy bajo); Cobre (Normal); Hierro (Débil) y Molibdeno (Muy bajo).

En cada planta se tomaron 12 muestras, de 12 frutas cada una, a las que se le determinó: masa fresca, diámetro polar, diámetro ecuatorial, espesor de cáscara, rendimiento en zumo (Aular y Aular-Rodriguez, 2007), acidez total titulable (ATT), sólidos solubles totales (SST) y el índice de madurez (SST/ATT) (AOAC, 1980; Tressler y Joslyn, 1961).

Además, se colectaron 15 muestras de tejido foliar según la metodología de Laborem *et al.* (1983), se determinaron los tenores foliares de los elementos por espectrometría de emisión atómica con plasma de argonio, como lo describe Malavolta *et al.* (1997); y se calcularon todos las relaciones binarias entre los valores de los tenores del boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn); tanto productos como cocientes. Luego de verificar la normalidad se calculó el coeficiente de correlación producto, entre las variables de calidad y los tenores de los elementos en las hojas, y también entre las variables de calidad y las diferentes relaciones binarias. La significancia de tales correlaciones se evaluaron para α=0,05 y α=0,01 en una prueba a dos colas. Todas las pruebas estadísticas se realizaron con el programa estadístico CoStat 6.003 y la hoja de cálculo Excel 2003.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rango de los datos

El rango de las concentraciones de los elementos esenciales en el presente estudio puede observarse en la Cuadro 1. En general estos valores se encontraron en el rango adecuado para el Bo, Cu, Fe; deficiente para Zn y Mn; y alto para Mo; según varios autores (Malavolta *et al.,* 1997; Del Rivero, 1968; Chapman, 1968).

Cuadro 1. Valores medios, mínimos y máximos de la concentración de los microelementos esenciales en el tejido foliar del naranjo 'Valencia', en un huerto de Nirgua, Estado Yaracuy, Venezuela.

	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	$\mu g.kg^{-1}$					
Valor promedio	35,97	6,09	71,60	15,33	0,14	16,06
Valor mínimo	25,50	5,40	56,00	12,00	0,09	11,70
Valor máximo	43,60	8,00	88,00	18,20	0,19	18,60

Correlaciones de la calidad de la fruta con el tenor foliar del B y con su relación con el resto de los microelementos

No hubo significación estadística para las correlaciones entre el tenor foliar de B y las variables de calidad de las frutas del naranjo; sin embargo, a partir de las relaciones binarias realizadas con el B se obtuvieron dos correlaciones significativas (Cuadro 2).

La relación B/Mn se correlacionó de forma positiva con el índice de madurez; lo cual indicó que aumentos en el tenor de B con respecto al tenor de Mn, aumentaron este índice. Esto coincidió con el aumento en el índice de madurez, que ocurre al incrementarse el porcentaje de B en las hojas de cítricos, según Malavolta y Netto (1989).

Se obtuvo una correlación negativa entre la masa fresca de los frutos y la relación BxMn, lo cual indica que incrementos conjuntos del tenor foliar de B y Mn se correlacionan con la disminución de la masa fresca de los frutos. Lo que parece contrario a lo obtenido por Calgaro *et al*. (2007), quienes señalaron que a medida que se incrementa la dosis de B aumenta el tamaño de la fruta.

Correlaciones de la calidad de la fruta con el tenor foliar del Cu y con su relación con el resto de los microelementos

No se halló ninguna correlación significativa para la relaciones entre el tenor foliar de Cu y las variables de calidad de las frutas del naranjo; sin embargo, a partir de las relaciones binarias realizadas con el Cu se obtuvieron varias correlaciones significativas (Cuadro 3).

Cuadro 2. Intervalo de las relaciones binarias del boro y sus correlaciones con las variables de calidad de las frutas de naranjo 'Valencia'.

Relación	Mínimo	Máximo	Variable de Calidad	Corre-lación
B/Mn	1,43	3,33	STT/ATT	+
B x Mn	369,8	762	Masa fresca	-

+: Correlación positiva significativa.
- : Correlación negativa significativa.
+ +: Correlación positiva altamente significativa.
- - : Correlación negativa altamente significativa.

La masa fresca de los frutos tuvo una correlación positiva con la relación Cu/Mn, lo que coincidió con lo reportado por Malavolta *et al*. (2008), los cuales señalan que deficiencias de Cu reducen el tamaño de los frutos.

El índice de madurez se correlacionó negativamente con la relación binaria CuxMn. Esto coincide con la disminución del índice de madurez reportado como efecto de aplicaciones de Cu en huertos de naranjo (Malavolta y Netto, 1989).

Correlaciones de la calidad de la fruta con el tenor foliar del Fe y con su relación con el resto de los elementos

El tenor foliar de Fe no presentó ninguna correlación significativa con las variables de calidad de las frutas del naranjo. A partir de las relaciones binarias realizadas con el Fe tampoco se obtuvo alguna correlación significativa. Sin embargo, Pestana *et al*. (2002) encontraron correlación positiva entre el tenor foliar de Fe y el porcentaje de zumo, y Malavolta y Netto (1989) hallaron incremento en los SST al aumentarse el porcentaje foliar de Fe. Mientras estos mismos autores señalaron que a menor contenido de Fe se aumenta la ATT y disminuye el índice de madurez, lo cual no fue corroborado en el presente trabajo.

Correlaciones de la calidad de la fruta con el tenor foliar del Mn y con su relación con el resto de los elementos

La correlaciones significativas del tenor foliar de Mn y las relaciones binarias con las variables de calidad de las frutas del naranjo pueden observarse en el Cuadro 4. El tenor de Mn se correlacionó

Cuadro 3. Intervalo de las relaciones binarias del cobre y sus correlaciones con las variables de calidad de las frutas de naranjo 'Valencia'.

Relación	Mínimo	Máximo	Variable de Calidad	Corre-lación
Cu/Mn	0,30	0,48	Masa fresca	+ +
Cu x Mn	69,60	139,2	Índice de madurez	- -

+: Correlación positiva significativa.
-: Correlación negativa significativa.
+ +: Correlación positiva altamente significativa.
- - : Correlación negativa altamente significativa.

positivamente con la ATT y con los SST, y se correlacionó negativamente con el SST/ATT. La relación aparente del Mn con los SST concordó con lo reportado por Chapman (1968), que indica que deficiencias de Mn disminuyen el porcentaje de zumo. Sobre la correlación que tiene el tenor foliar de Mn con la ATT y con el SST/ATT no se encontraron referencias previas.

El diámetro polar se correlacionó negativamente con la relación binaria MnxZn, y la masa fresca de los frutos tuvo una correlación negativa con las relaciones Mn/Cu y MnxB; esto parece contrario a la disminución del tamaño de la fruta del naranjo cuando ocurren deficiencias de Mn, según Malavolta y Netto (1989). La ATT se correlacionó positivamente también con las relaciones binarias MnxCu y MnxFe; los valores de SST se correlacionaron positivamente con la relación Mn/Cu; y el índice de madurez se correlacionó negativamente con las relaciones binarias MnxCu y MnxFe.

Correlaciones de la calidad de la fruta con el tenor foliar del Mo y con su proporción con el resto de los elementos

Ni el tenor foliar de Mo ni sus relaciones binarias tuvieron correlaciones significativas con las variables de calidad estudiadas de las frutas del naranjo. Se presume que este elemento podría afectar la calidad de la fruta del naranjo, con menor intensidad que el resto de los microelementos.

Cuadro 4. Intervalo de las relaciones binarias del manganeso y sus correlaciones con las variables de calidad de las frutas de naranjo 'Valencia'.

Relación	Mínimo	Máximo	Variable de Calidad	Corre-lación
Mn	12,00	18,20	ATT	+ +
			SST	++
			STT/ATT	- -
Mn/B	0,30	0,70	STT/ATT	-
Mn x B	369,8	762,0	Masa	-
Mn/Cu	2,07	3,29	Masa	-
			STT	+
Mn x Cu	69,60	139,20	ATT	+
			Índice de madurez	- -
Mn x Fe	750,4	1531,2	ATT	+
			Índice de madurez	-
Mn x Zn	180,8	325,8	Diámetro polar	-

+: Correlación positiva significativa.
-: Correlación negativa significativa.
+ +: Correlación positiva altamente significativa.
- - : Correlación negativa altamente significativa.

Correlaciones de la calidad de la fruta con el tenor foliar del Zn y con su proporción con el resto de los elementos

No se detectó significación estadística para la relación entre el tenor foliar de Zn y las variables evaluadas; sin embargo, a partir de las relaciones binarias realizadas con el Zn se obtuvieron varias correlaciones significativas. Esto puede observarse en el Cuadro 5. La relación ZnxMn se correlacionó negativamente con el diámetro polar de los frutos; y la masa fresca de los frutos se correlacionó en forma negativa con la relación ZnxS, lo cual resultó contrario a lo reportado por Pestana *et al.* (2002) y por Rodríguez *et al*. (2005). Se debe destacar que Quaggio *et al*. (2003), encontraron relación entre el Zn y las variables químicas de calidad en la fruta del naranjo 'Pêra', lo cual no fue corroborado en este trabajo.

Cuadro 5. Intervalo de las relaciones binarias del cinc y sus correlaciones con las variables de calidad de las frutas de naranjo 'Valencia'.

Relación	Mínimo	Máximo	Variable de Calidad	Corre-lación
Zn x S	2,09	3,14	Masa	-
Zn x Mn	180,8	325,8	Diámetro polar	-

+: Correlación positiva significativa.
-: Correlación negativa significativa.
+ +: Correlación positiva altamente significativa.
- - : Correlación negativa altamente significativa.

CONCLUSIONES

- Las relaciones binarias de los micronutrimentos explicaron mejor el comportamiento de las variables de calidad de las frutas de naranja 'Valencia', que sus tenores foliares individuales.
- El tenor foliar de manganeso se correlacionó positivamente con el contenido de sólidos solubles totales y con la acidez del zumo de las frutas del naranjo, y negativamente con el índice de madurez. El incremento del manganeso con respecto a otros elementos disminuyó el tamaño de las frutas del naranjo.

- El boro, cobre, hierro y zinc, tienen efecto indirecto sobre la calidad de la fruta del naranjo, incrementando o disminuyendo la acción de otros elementos.

- La relación entre el tenor foliar de un micronutriente y algunas de las variables de calidad de la fruta del naranjo puede variar dependiendo del tenor foliar del resto de los microelementos, por ello sería poco probable obtener mejoras sobre la calidad de la fruta a través de un plan de fertilización que no considere todos los microelementos.

AGRADECIMIENTO

Proyectos UCLA-LOCTI Nro. 526-AG-2007, Nro. 536-AG-2007.

LITERATURA CITADA

AOAC. 1980. Official methods of analysis, 13 TH Edition. Association of official analytical chemistry. Washington DC.

Aular, J. 2006. Consideraciones sobre la producción de frutas en Venezuela *In*: Aular, J. Memoria del IX Congreso Venezolano de Fruticultura. Barquisimeto, Venezuela. p. 5-9.

Aular, J. y J. Aular-Rodríguez. 2007. Calidad de la naranja proveniente de Yumare, Venezuela, y su evolución en el periodo de zafra. Bioagro 19 (3): 169-174.

Avilán, L. y F. Leal. 1988. Suelos, fertilizantes y encalado para frutales. Editorial América. 459 p.

Calgaro, H.; F. Fernandez, A. Boaventura y M. Tarsitano. 2007. Modos de aplicação de calcário e de micronutrientes em pomar de laranjeira 'Natal' e análise comparativa de custos. Rev. Bras. Frutic. 29 (3): 639-644.

Chapman. 1968. The mineral nutrition of citrus. In: W. Reuther, L. Batchelor y H. Webber (EDS). The citrus industry. División of Agricultural Sciences, University of California. Berkeley. p. 127-289.

De Almeida, M. e J. Baumgartner. 2002. Efeitos da adubação nitrogenada e potássica na produção e na qualidade de frutos de laranjeira 'Valência'. Rev. Bras. Fruti. 24 (1): 282-284.

Del Rivero, J. 1968. Los estados de carencia en los agrios. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 510 p.

FAO. 2008. FAOSTAT. http://http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx (07/04/08).

Fidalski, J.; P. Auler and V. Tormen. 2000. Relations among Valencia orange yields with soil and leaf nutrients in northwestern Paraná, Brazil. Braz. Arch. Biol. Technol. 43 (4): 387-391.

Laborem, G.; M. Wagner, J. Ruiz y H. Rodríguez. 1983. Evaluación nutricional y calidad de la fruta naranja 'Valencia' bajo condiciones de riego. Agronomía Tropical 33: 43-69.

Malavolta, E.; H. Casale, and C. Piccin. 2008. Síntomas de desórdenes nutricionales en la naranja. Internacional Plant Nutrition Institute. www.ipni.net (26/02/2008).

Malavolta, E. 2006. Relación entre el fósforo y el zinc. Informaciones Agropecuarias 63:12-13.

Malavolta, E. e Netto, A. 1989. Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citricos. Associação Brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato. Piracicaba, Brasil. 153 p.

Malavolta, E.; G. Vitti and S. de Oliveira. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas, principíos e aplicações. 2ª Edição. Associação Brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato. Piracicaba, Brasil. 319 p.

Mattos, D.; O. Bataglia and J. Quaggio. 2005a. Nutrição dos citros. *In*: D. Mattos, J. De Negri, R. Pio y J. Pompeu (EDS). Citros. Centro APTA Citros. Sylvio Moreira. Brasil. p. 198-219.

Mattos, D.; J. Quaggio and H. Cantarella. 2005b. Nitrogen and potassium fertilization impacts fruit yield and quality of citrus. Better Crops 89 (2): 17-19.

Monteverde, E.; G. Laborem, C. Marín, J. Ruiz y M. Rodríguez. 2003. Evaluación de seis selecciones de naranjos con frutos de maduración temprana sobre dos portainjertos en los valles altos de Carabobo, Venezuela. Agronomía Tropical 53 (3): 347-364.

Pestana, M.; P. Correia, M. Miguel, A. Varennes, J. Abadía and E. de Araújo. 2002. Foliar treatments as a strategy to control iron clorosis in orange trees. Acta hort. 594: 223-228.

Quaggio, J.; D. Mattos, H. Cantarella e A. Tank. 2003. Fertilização com boro e zinco no solo em complementação à aplicação via foliar em laranjeira Pêra. Pesq. Agrop. Bras. 38 (5): 627-634.

Rodríguez, V.; S. Mazza and G. Martínez. 2005. Zn and K influence in fruit sizes of Valencia orange. Rev. Bras. Frutic. 27 (1): 132-135.

Tressler, D. and M. Joslyn. 1961. Fruits and vegetables juice-processing technology. AVI Publication. Wetsport.