

## **ANÁLISIS DE FRUTOS, COMO UNA ALTERNATIVA AL ANÁLISIS FOLIAR, PARA DIAGNOSTICAR EL NIVEL DE HIERRO EN EL ÁRBOL DE PALTO**

B. Razeto y J. Palacios.

Universidad de Chile. Casilla 1004, Santiago, Chile. [brazeto@uchile.cl](mailto:brazeto@uchile.cl)

A diferencia de lo que ocurre con los otros nutrientes, el hierro de las hojas, determinado mediante análisis foliar, generalmente no resulta confiable para diagnosticar su carencia (clorosis férrica) en palto y otros frutales. Con el objetivo de encontrar una mejor herramienta para evaluar el nivel de hierro del árbol, se realizó un estudio en un huerto variedad "Hass", donde se seleccionaron, aleatoriamente, 4 árboles con follaje normal, 4 árboles con clorosis férrica leve y 4 con clorosis intensa. En cada árbol se colectaron, 15 hojas, 15 frutos y 40 inflorescencias. En estos tejidos se determinó concentración de hierro, mediante espectrofotometría de absorción atómica, previa calcinación y extracción con ácido clorhídrico. En las hojas, además se midió concentración de clorofila con espectrofotometría, previa extracción con etanol. La concentración de hierro en la hoja y en la inflorescencia no presentó diferencias significativas entre los árboles. En cambio, en la pulpa del fruto fue mayor en los árboles normales y menor en los otros, según el nivel de clorosis presente. Además, la concentración de hierro de la pulpa, se presentó altamente asociada ( $R^2=0,84$ ) con la concentración de clorofila de la hoja, lo cual no ocurrió en el caso del hierro de la hoja y de la inflorescencia. Estos resultados, junto con descartar al análisis de hierro en la hoja y en la inflorescencia, permiten postular al análisis de hierro en la pulpa del fruto, como un promisorio método de diagnóstico, para evaluar el nivel de este nutriente en el árbol de palto.

Palabras clave: *Persea americana* Mill., Hass, análisis químico, pulpa del fruto, inflorescencia, concentración de hierro, clorofila, color de hoja.

## **FRUIT ANALYSIS AS AN ALTERNATIVE TO LEAF ANALYSIS FOR DIAGNOSING IRON STATUS OF AVOCADO TREE**

B. Razeto and J. Palacios

Palacios. Universidad de Chile. Casilla 1004, Santiago, Chile. [brazeto@uchile.cl](mailto:brazeto@uchile.cl)

Leaf chemical analysis generally does not represent the status of iron in avocado and other fruit trees. In order to find a better diagnostic tool for iron, an experiment was performed in a 'Hass' orchard where trees with different degrees of iron chlorosis existed. Four trees with no symptoms, four with moderate iron chlorosis and four with severe chlorosis were randomly selected. Fifteen leaves, 15 fruits and 40 inflorescences per tree were collected. Iron concentration in these tissues was measured via atomic absorption spectrophotometry after calcination and hydrochloric acid extraction. Chlorophyll concentration in the leaves was measured by spectrophotometry after extraction with ethanol. Iron concentration in the leaf and inflorescence did not show significant differences among trees. In contrast, iron in the fruit pulp was higher in the normal trees, and lower in the other trees according to their severity of chlorosis. Furthermore, chlorophyll concentration in the leaf (which was representative of the

chlorosis intensity) appeared highly correlated with iron concentration in the fruit ( $R^2=0.84$ ), but poorly correlated with that in the leaf ( $R^2=0.22$ ) and that in the inflorescence ( $R^2=0.02$ ). These results suggest that iron analysis in the leaf and the inflorescence are unreliable indicators and support the postulation that iron analysis of fruit pulp is a promising tool for diagnosing the iron status of avocado trees.

**Key words:** *Persea americana* Mill., Hass, chemical analysis, fruit pulp, inflorescence, iron concentration, chlorophyll, leaf color.

## INTRODUCCIÓN

El análisis químico de las hojas (análisis foliar) es una herramienta exitosamente utilizada para diagnosticar el estado nutricional de los árboles frutales. Sin embargo, no resulta certero en el caso del hierro pues, generalmente, no se encuentra relación entre la concentración de este importante nutriente en las hojas y la intensidad de los síntomas que provoca su carencia (clorosis férrica) en el follaje (Abadía *et al.*, 2000; Hurley *et al.*, 1986; Koseoglu, 1995; Guzmán *et al.* citados por Lucena, 1997; Razeto, 1982; Razeto y Valdés, 2006; Ruiz *et al.*, 1980).

El análisis químico de tejidos del fruto se ha señalado como un posible indicador del nivel de algunos nutrientes en el árbol: boro en el pelón de la almendra (Nyomara y Brown, 1997), nitrógeno en el pedúnculo de la palta (Razeto y Salgado, 2004), hierro en la pulpa del fruto de nectarino y kiwi (Razeto y Valdés, 2006), boro en la pulpa de la palta (Razeto y Castro, 2007).

El análisis químico de las flores también se ha postulado para el diagnóstico del estado nutricional en duraznero (Sanz y Montañés, 1995; Sanz *et al.*, 1997), y en palto (Razeto y Salgado, 2004; Razeto y Castro, 2006).

Considerando estos antecedentes, se planificó el presente estudio, cuyo objetivo fue probar al fruto y la inflorescencia como tejidos de diagnóstico, determinando la relación existente entre la concentración de hierro en sus tejidos y el grado de clorosis férrica presente en las hojas de árboles de palto.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en un huerto de la variedad Hass, de 22 años, ubicado en Quillota, Región V de Chile (32° 51' Lat. Sur; 71° 6' Long. Oeste). El huerto, plantado a 7 x 7 m en un suelo pH 7,4, era regado por microaspersión.

Cuatro árboles sin síntomas, cuatro con síntomas moderados de clorosis férrica y cuatro con síntomas intensos de clorosis férrica fueron seleccionados aleatoriamente.

Muestras representativas, de 15 hojas de la parte central de brotes de primavera, y 15 frutos fueron recolectadas alrededor del árbol, el día 30 de agosto, 2002 (correspondiente a fines de invierno, 40 semanas después de la floración del año

anterior). Cuarenta inflorescencias por árbol fueron recolectadas el 2 de octubre, 2002, en plena floración.

En cada hoja se cuantificó color con un medidor de croma (CR-300, Minolta Co., Ltd. Osaka, Japón), el cual se expresó en valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . La concentración de clorofila se midió en discos de 9 mm de diámetro, extraídos de las mismas hojas. Se empleó el método Lichtenthaler y Wellburn (1983) modificado, utilizando un espectrofotómetro (UV-1601; Shimadzu Corp.; Kyoto, Japón).

Las muestras de hojas e inflorescencias fueron lavadas con agua destilada y bidestilada y secadas a 70°C durante 36 horas. Dos rebanadas de pulpa pelada (desde superficie a semilla) se cortaron longitudinalmente desde lados opuestos del fruto previamente lavado con agua destilada, y luego fueron secadas a 70°C por 60 horas. Todas las muestras fueron molidas en un mortero de porcelana. La concentración de hierro se determinó mediante espectrofotometría de absorción atómica, previa calcinación (520°C por 15 h) y extracción a volumen en ácido clorhídrico 1 N.

Se utilizó un diseño experimental totalmente aleatorizado, con tres niveles de clorosis y cuatro repeticiones de un árbol cada una. La unidad experimental fue el árbol. Los resultados fueron analizados mediante análisis de varianza (ANDEVA), empleando la prueba de comparación múltiple de Tukey, al 5%. Se realizó análisis de regresión entre variables.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El color de las hojas, en sus tres variables ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ), presentó diferencias significativas entre los grupos de árboles (Cuadro 1). No obstante, fue la variable  $b^*$  (indicadora de la tendencia hacia el amarillo), aquella que tuvo mayor correlación ( $R^2 = 0,95$ ) con el contenido de clorofila de la hoja (Figura 1). Este resultado confirma al análisis de clorofila, como un buen indicador del nivel de clorosis presente en los árboles frutales (Lucena, 1986; Peryea y Kammereck, 1997; Ruiz *et al.*, 1980; Yadava, 1986). Sin embargo, hay otros nutrientes, como el nitrógeno, el magnesio y el manganeso, cuya carencia también afecta el nivel de clorofila de las hojas, lo cual restringe el uso de este análisis como una herramienta de uso comercial (Porro *et al.*, 2001; Yadava, 1986).

Por su parte, la concentración de hierro en las hojas no presentó diferencias significativas entre los árboles (Cuadro 2). Este resultado coincide con los de numerosos autores en otras especies frutales (Abadía *et al.*, 2000; Hurley *et al.*, 1986; Koseoglu, 1995; Morales *et al.*, 1998; Razeto y Valdés, 2006; Römheld, 2000). Tampoco la concentración de hierro en la inflorescencia presentó diferencias significativas, lo que permite, al menos en este ensayo, descartarla como indicador de clorosis férrica en el palto.

En cambio, la concentración de hierro en la pulpa del fruto aumentó, a medida que la clorosis de los árboles disminuyó (Cuadro 2). De hecho, fue 38 y 62% más alta en los árboles normales que en aquellos con clorosis moderada e intensa, respectivamente. Además, se encontró una alta asociación ( $R^2 = 0,84$ ) entre el hierro del fruto y la

concentración de clorofila de la hoja (Figura 2), lo cual no ocurrió con el hierro de la hoja ni de la inflorescencia, donde la asociación con la clorofila sólo alcanzó un  $R^2 = 0,22$  y  $0,02$ , respectivamente. El nivel crítico, para hierro en el fruto, se ubicaría en torno a los  $12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

Los resultados de la presente investigación coinciden con aquellos, obtenidos posteriormente en nectarino y en kiwi, donde la concentración de hierro en la pulpa del fruto presentó una alta relación con la clorosis férrica y la producción de las plantas (Razeto y Valdés, 2006).

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la presente investigación permiten postular el análisis de hierro en la pulpa del fruto, como un promisorio método de diagnóstico, para evaluar el nivel de abastecimiento de este nutriente en el árbol de palto.

## LITERATURA CITADA

Abadía, J., Tagliavini, M., Grasa, R., Belkhodja, R., Abadía, A., Sanz, M., Araujo, E., Tsipouridis, C. and Marangoni, B. 2000. Using the flower Fe concentration for estimating chlorosis status in fruit tree orchards: a summary report. *J. Plant Nutrition* 23:2023-2033.

Hurley, A., Walser, R., Davis, T. and Barney, D. 1986. Net photosynthesis, chlorophyll, and foliar iron in apple trees after injection with ferrous sulfate. *HortScience* 21:1029-1031.

Koseoglu, A. 1995. Effect of iron chlorosis on mineral composition of peach leaves. *J. Plant nutrition* 18:765-776.

Lichtenthaler, H. and Wellburn, A. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophyll *a* and *b* of leaf extract in different solvents. *Biochem. Soc. Trans.* 603:591-592.

Lucena, J. 1997. Methods of diagnosis of mineral nutrition of plants: a critical review. *Acta Horticulturae* 448:179-192

Morales, F., Grasa, R., Abadía, A. and Abadía, J. 1998. Iron chlorosis paradox in fruit trees. *J. Plant Nutrition* 21:815-825.

Nyomara, A. and Brown, P. 1997. Fall foliar-applied boron increased tissue boron concentration and nut set in almond. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122(3):405-410.

Peryea, F. and Kammereck, R. 1997. Use of Minolta SPAD-502 chlorophyll meter to quantify the effectiveness of mid-summer trunk injection of iron on chlorotic pear trees. *J. Plant Nutrition* 20:1457-1463.

Porro, D., Dorigatti, C., Stefanini, M. and Ceschini, A. 2001. Use of SPAD meter in diagnosis of nutritional status in apple and grapevine. *Acta Horticulturae* 564:243-252.

Razeto, B. 1982. Treatments for iron chlorosis in peach trees. *J. Plant Nutrition* 5:917-922.

Razeto, B. and Castro, M. 2006. Diagnosis of boron status in avocado trees (*Persea Americana* Mill.) using alternative tissues. *Acta Horticulturae* 721: 291-293.

Razeto, B. and Castro, M. 2007. Fruit analysis as a new approach to evaluate boron status in avocado. *J. Plant Nutrition* 30:1-5.

Razeto, B. and Salgado, J. 2004. The inflorescence and fruit peduncle as indicators of nitrogen status of the avocado tree. *HortScience* 39:1173-1174.

Razeto, B. and Valdés, G. 2006. Fruit analysis as an indicator of the iron status of nectarine and kiwi. *Plant. HortTechnology* 16 (4): 579-582.

Römheld, V. 2000. The chlorosis paradox: Fe inactivation as a secondary event in chlorotic leaves of grapevine. *J. Plant Nutrition* 23: 1629-1643.

Ruiz, R., Helle, M. and Espinoza, R. 1980. Análisis de clorofila como índice indirecto de clorosis férrica en nectarinos. *Agricultura Técnica (Chile)* 40:161-163.

Sanz, M. and Montañés, L. 1995. Flower analysis as a new approach to diagnosing the nutritional status of the peach tree. *J. Plant Nutrition* 18:1667-1675.

Sanz, M., Belkhodja, R., Toselli, M., Montañés, L., Abadía, A., Tagliavini, M., Marangoni, B. and Abadía, J. 1997. Floral analysis as a possible tool for the prognosis of iron deficiency in peach. *Acta Horticulturae* 448:241-246.

Yadava, U. 1986. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. *HortScience* 21:1449-1450.

Cuadro 1. Color de las hojas, según el grado de clorosis férrica en árboles de palto "Hass".

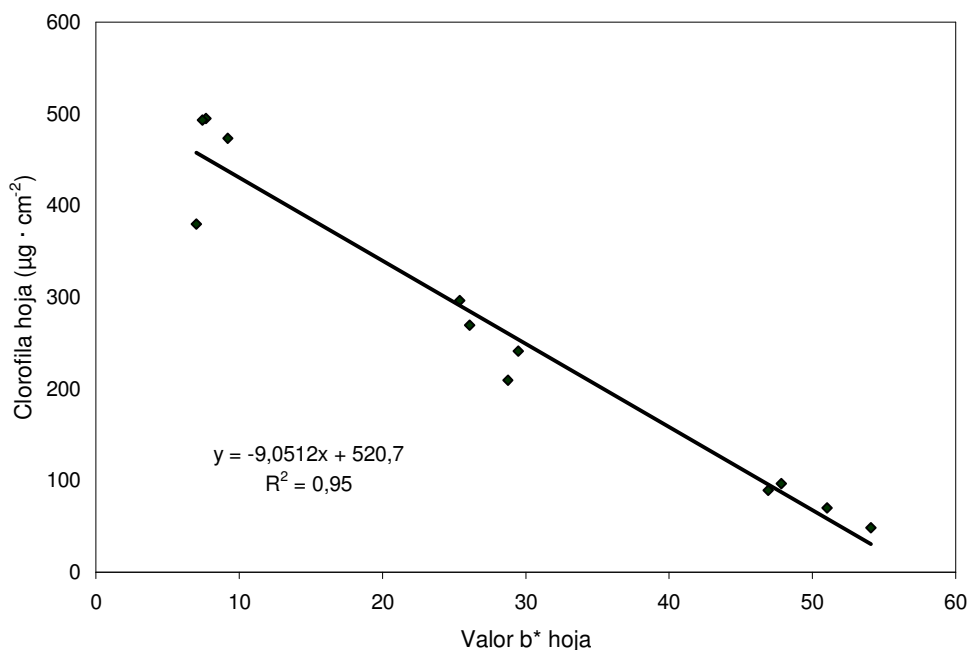
Color	L*	a*	b*
Clorosis árbol			
Ausente	32,5 a	-6,6 a	7,8 a
Moderada	42,5 b	-15,5 c	27,4 b
Intensa	61,5 c	-11,0 b	50,0 c

Promedios seguidos de distinta letra indican diferencia significativa entre los respectivos grupos de árboles ( $p \leq 0,05$ ).

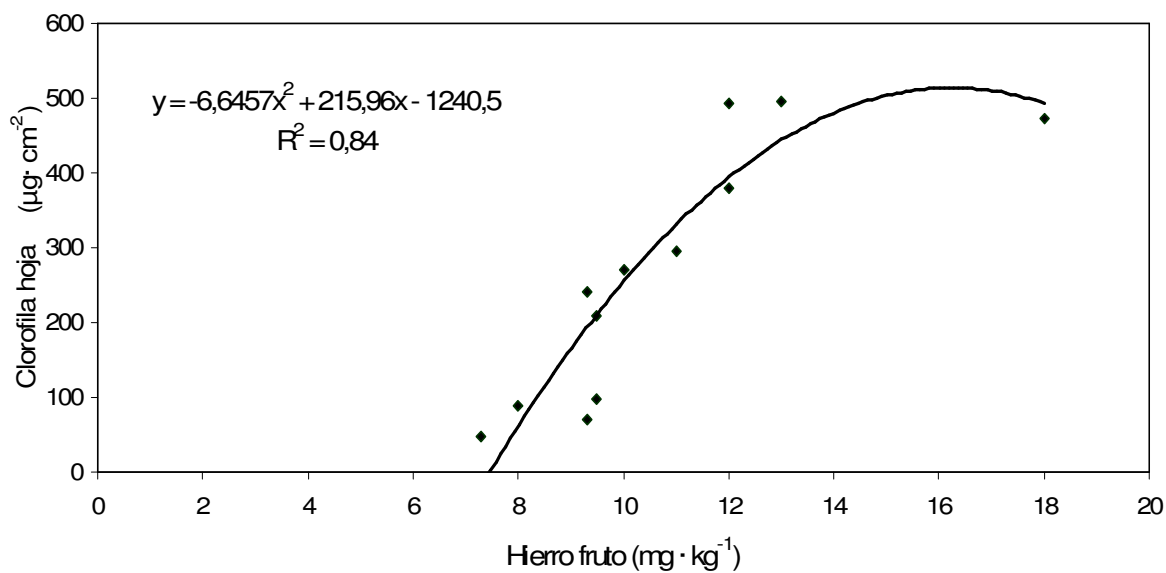
Cuadro 2. Concentración de hierro en la pulpa del fruto, según el grado de clorosis férrica en árboles de palto "Hass".

Clorosis árbol	Concentración Fe en el fruto ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
Ausente	13,8 a
Moderada	10,0 b
Intensa	8,5 b

Promedios seguidos de distinta letra indican diferencia significativa entre los respectivos grupos de árboles ( $p \leq 0,05$ ).



**Figura 1.** Relación entre el color (valor b\*) y la concentración de clorofila en la hoja de palto “Hass”.



**Figura 2.** Relación entre la concentración de hierro en la pulpa del fruto y la concentración de clorofila en la hoja de palto “Hass”.