

EFFECTO DE LA CLOROSIS FÉRRICA EN EL TAMAÑO Y LA CONCENTRACIÓN DE ACEITE EN EL FRUTO DEL PALTO (*Persea americana* Mill.)

Effect of iron chlorosis on avocado (*Persea americana* Mill.) fruit size and oil concentration

Bruno Razeto¹* y Johanna Palacios¹

ABSTRACT

In order to determine the effect of iron chlorosis on fruit size and oil content of avocado (*Persea americana* Mill.), a trial was conducted on a 22-year-old orchard cv. Hass located at Quillota, Chile (32°51' S lat., 71°6' W long.). Twelve trees with different degrees of iron chlorosis were selected, some with normal green foliage and others highly chlorotic. Fifteen fruit and 30 leaves per tree were taken on August 30. In this samples iron concentration was determined by spectrophotometry. Color by tri-stimulus colorimetry and chlorophyll concentration by ethanol extraction and spectrophotometer absorbance were measured on leaves and fruit peels. Fruit weight and oil content were measured by petroleum ether extraction. Fruit from normal trees had an iron concentration of 13.8 mg kg⁻¹ ($P \leq 0,05$) higher than that of chlorotic trees. A high correlation between the chlorophyll level of leaves and fruit peels was found ($R^2 = 0.74$). The leaf chlorophyll concentration was also highly associated with the fruit weight ($R^2 = 0.93$) and oil content ($R^2 = 0.68$). A similar relation was found between the fruit peel chlorophyll concentration and the fruit weight ($R^2 = 0.70$) and its oil content ($R^2 = 0.86$). It is concluded that iron chlorosis diminished fruit size and oil concentration in avocados.

Key words: iron deficiency, chlorophyll, cv. Hass, *Persea americana* Mill.

RESUMEN

Con el objetivo de determinar en qué medida la clorosis férrica influye en el tamaño y el contenido de aceite en el fruto de palto (*Persea americana* Mill.) se realizó un estudio en un huerto de 22 años cv. Hass, ubicado en Quillota, Chile (32°51' lat. Sur, 71°6' long. Oeste). Se seleccionaron 12 árboles con distinto grado de clorosis férrica, desde algunos con follaje verde normal hasta otros severamente cloróticos. Con fecha 30 de agosto se colectaron 15 frutos y 30 hojas por árbol. En estas muestras se determinó la concentración de hierro mediante espectrofotometría. En la piel del fruto y en las hojas se midió color con colorímetro triestímulo y concentración de clorofila mediante extracción con etanol y medición de absorbancia en espectrofotómetro. También se determinó el peso del fruto y la concentración de aceite en la pulpa mediante extracción con éter de petróleo. El fruto de los árboles normales presentó una concentración de hierro de 13,8 mg kg⁻¹ ($P \leq 0,05$) mayor que la de los árboles cloróticos. Se encontró un alto grado de asociación entre la concentración de clorofila en la hoja y en la piel del fruto ($R^2 = 0,74$). También se encontró una alta relación entre la concentración de clorofila en la hoja y el peso del fruto ($R^2 = 0,93$) y su contenido de aceite ($R^2 = 0,68$). Similar relación se determinó entre la concentración de clorofila en la piel del fruto y el peso del mismo ($R^2 = 0,70$) y su contenido de aceite ($R^2 = 0,86$). Se concluyó que en el árbol de palto la clorosis férrica disminuyó el tamaño del fruto y su concentración de aceite.

Palabras clave: deficiencia de hierro, clorofila, cv. Hass, *Persea americana* Mill.

¹ Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Casilla 1004, Santiago, Chile.

E-mail: brazeto@uchile.cl *Autor para correspondencia.

Recibido: 05 de agosto de 2003. Aceptado: 3 de febrero de 2004.

INTRODUCCIÓN

La amarillez del follaje causada por una deficiencia de hierro, comúnmente llamada “clorosis férrica”, constituye un problema nutricional que frecuentemente afecta a los árboles frutales, disminuyendo la producción, la calidad y el tamaño de la fruta (Razeto, 1993; Sanz *et al.*, 1997). El palto (*Persea americana* Mill.) y particularmente la variedad Hass, es uno de los árboles más susceptibles (Kadman, 1962).

Las causas más frecuentes de la clorosis férrica son una alcalinidad (pH superior a 7,0), un elevado nivel de carbonato de calcio en el suelo (sobre 10%), y una concentración de bicarbonatos en el agua de riego sobre 4 meq L⁻¹ (Razeto, 1993).

El objetivo de esta investigación fue determinar en qué medida la clorosis férrica afecta el tamaño del fruto del palto y su contenido de aceite.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó el año 2002 en un huerto de la variedad Hass, ubicado en la comuna de Quillota, V Región, Chile (32°51' lat. Sur, 71°6' long. Oeste). Los árboles, de 22 años, estaban plantados en un terreno plano, a 7 x 7 m y eran regados por microaspersión. Los árboles, conducidos en forma libre, presentaban suficiente espacio entre sí y se encontraban en buenas condiciones sanitarias y nutricionales. Sin embargo, en el huerto había numerosos árboles afectados por clorosis en distinta intensidad y distribuidos sin un ordenamiento. Esta distribución errática es habitual en huertos afectados por clorosis férrica. Se determinó que era clorosis férrica por los síntomas característicos de amarillez intervenal que afecta principalmente a las hojas nuevas, y por las condiciones predisponentes a este problema que existían en el huerto (suelo pH 7,4 y agua de riego con 5,2 meq L⁻¹ de bicarbonatos). Adicionalmente, se realizó una aplicación de quelato Fe-EDDHA en dosis de 500 g al suelo en un árbol afectado por una severa clorosis, en el centro del sector del huerto donde se realizó el ensayo; este árbol cambió la coloración de su follaje de amarillo a verde, en 30 días. Con fecha 30 de

agosto se seleccionaron 12 árboles de similar tamaño, pero con distinto grado de clorosis: cuatro severamente cloróticos, cuatro con clorosis de mediana intensidad y cuatro con follaje verde normal. Los árboles se encontraban en estado fenológico C, llamado “yema hinchada” (Aubert y Lossois, citado por Álvarez de la Peña, 1981), aproximadamente 40 semanas después de la floración del año anterior.

El mismo día de la selección se colectaron separadamente por árbol muestras representativas, de 15 frutos y 30 hojas. Las hojas se tomaron desde la parte central de brotes sin frutos, desarrollados en la primavera anterior. Los frutos, aún verdes, se encontraban a dos meses de desarrollar el color negro en la piel. Las muestras de hojas y frutos se colectaron al azar alrededor del árbol, a una altura de 1,5 - 2 m. Todas las muestras se colocaron en bolsas de plástico y se transportaron el mismo día en envase refrigerado al laboratorio.

El mismo día de la recolección se midió color en cada hoja y en la piel de cada fruto de la muestra, mediante colorímetro triestímulo (Minolta, modelo CR200 b, sistema CIELAB, Japón) con fuente lumínica D 65 y un ángulo observador igual a cero (Voss, 1992).

En las mismas muestras se realizó análisis de clorofila en hojas y frutos. Para ello, previo a las mediciones de color, se extrajo con un sacabocado un disco de 0,9 mm de diámetro en cada hoja de la muestra (siempre en el mismo lugar de la lámina, evitando incluir venas primarias o secundarias). Con el mismo instrumento se obtuvo un disco de piel en siete frutos de cada muestra. Las muestras de discos se almacenaron por dos días a -80°C y luego se analizaron, mediante el método Lichtenthaler y Wellburn (1983), modificado. Cada muestra se molió con adición de etanol, en un mortero de porcelana mantenido en frío dentro de un recipiente con hielo, en cámara oscura. Luego de separar la fase líquida mediante centrifugación, se midió absorbancia a 665 y 649 nm (clorofila a y b, respectivamente) en un espectrofotómetro (Shimadzu, modelo UV- 1601, Japón). En las hojas y en la pulpa de los frutos se determinó la concentración de hierro en un espectrofotómetro

(GBC, modelo 905 AA, Victoria, Australia). Previamente, las muestras se lavaron con agua bidestilada, se molieron en un mortero de porcelana, se calcinaron en un horno mufla a 520°C y se extrajeron con ácido clorhídrico. Para el análisis de fruto se utilizaron rebanadas sin piel.

Con el fin de determinar el efecto de la clorosis férrica sobre el tamaño y madurez del fruto, se usaron las muestras de 15 frutos por árbol, pesándolos individualmente y determinando el porcentaje de aceite en una muestra compuesta por rebanadas de pulpa de cada uno. Esta muestra fue pesada y secada en estufa con circulación forzada de aire, a 70°C durante 72 h, y luego molida en un mortero de porcelana. La concentración de aceite se determinó por extracción con éter de petróleo (método Soxhlet) (A.O.A.C., 1965).

Se utilizó un diseño experimental totalmente al azar con submuestreo. Se contó con tres tratamientos (niveles de clorosis férrica) y cuatro repeticiones por cada nivel de clorosis. La unidad experimental fue un árbol. Los resultados fueron analizados mediante análisis de varianza más prueba de separación múltiple de Tukey. Se utilizó el test de Fisher para definir si había asociación lineal entre variables y se realizó análisis de regresión entre variables, empleando el programa SPSS 11,0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentración de hierro en la hoja y el fruto
No existió diferencia significativa en el nivel de hierro en las hojas entre los árboles con distinto grado de clorosis (Cuadro 1). Este resultado confirma lo obtenido por diferentes autores en el sentido que la concentración de hierro en las hojas no se asocia a la sintomatología de la deficiencia de este nutriente en árboles frutales (Razeto y Rojas, 1977; Ruiz *et al.*, 1980; Razeto, 1982; Guzmán *et al.* citado por Lucena, 1997). De hecho, los síntomas son una guía comúnmente utilizada para determinar los requerimientos de hierro de los árboles (Bould, 1966; Razeto y Uriu; 1971; Beutel *et al.*, 1978).

Sin embargo, se puede observar que la concentración de hierro en la pulpa del fruto

Cuadro 1. Concentración de hierro en hoja y fruto según el grado de clorosis en árboles de palto.
Table 1. Iron concentration in leaf and fruit according to the degree of iron chlorosis in avocado trees.

Clorosis follaje	Hoja	Fruto
	mg kg ⁻¹	
Ausente	120,0 a	13,8 a
Mediana	108,5 a	10,0 b
Intensa	98,4 a	8,5 b

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

presentó diferencia significativa entre los árboles normales y aquellos con clorosis. En efecto, se encontró una asociación lineal significativa (P = 0,05) y un alto coeficiente de determinación entre la concentración de hierro en el fruto y la concentración de clorofila en la hoja (Figura 1). Este resultado ayudaría a confirmar que la clorosis de los árboles empleados en el presente ensayo se debía a una deficiencia de hierro.

Clorosis férrica y contenido de clorofila en hojas y frutos

Se encontró una asociación lineal significativa (P = 0,05) y un alto coeficiente de determinación entre el color de la hoja y su concentración de clorofila (Figura 2), lo que indicaría que la deficiencia de hierro afecta significativamente la formación de clorofila en la hoja del palto, confirmando lo señalado por Ruiz *et al.* (1980), Lucena (1997) y Peryea y Kammereck (1997), en el sentido que la concentración de clorofila en la hoja es un buen indicador de la clorosis férrica en árboles frutales.

También se obtuvo un alto grado de asociación entre la concentración de clorofila de la hoja y la del fruto (Figura 3), lo cual indica que la deficiencia de hierro también afectaría la síntesis de clorofila en el fruto.

Clorosis férrica y peso del fruto

En el Cuadro 2 se puede observar que la clorosis férrica influyó negativamente en el peso del fruto. Se encontró una asociación lineal significativa (P = 0,05) y un alto coeficiente de determinación entre la concentración de clorofila en la hoja y el peso

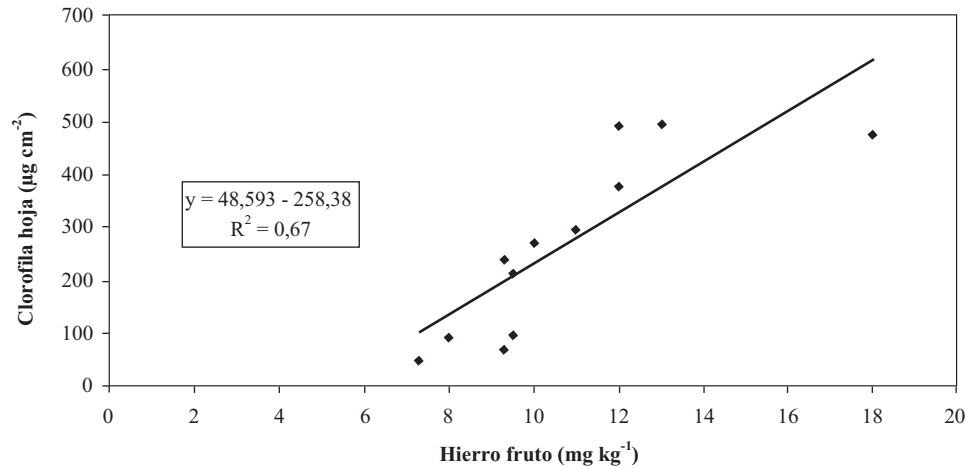


Figura 1. Relación entre la concentración de hierro en la pulpa del fruto y el nivel de clorofila en la hoja de palto.
Figure 1. Relation between iron concentration in fruit pulp and leaf chlorophyll content in avocados.

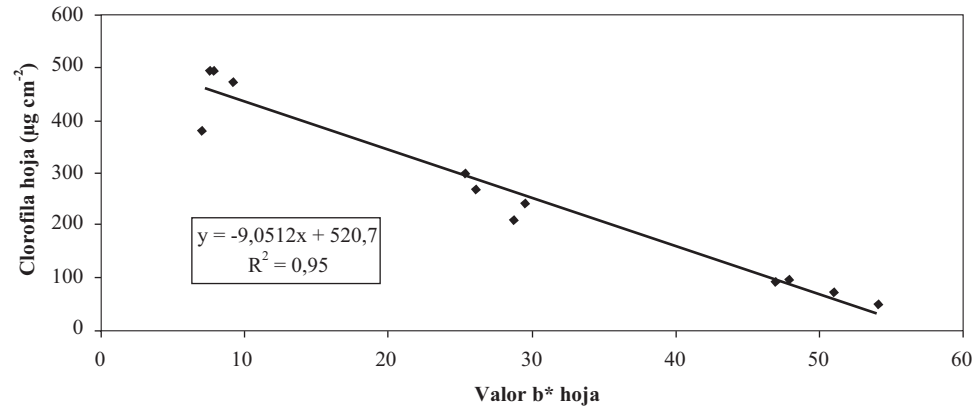


Figura 2. Relación entre el valor b* de color y la concentración de clorofila en la hoja de palto.
Figure 2. Relation between b* color value and chlorophyll concentration in avocado leaves.

del fruto (Figura 4). La disminución en el tamaño del fruto como consecuencia de la clorosis férrica confirma, en este caso en el palto, lo observado por Razeto y Rojas (1977) en duraznero (*Prunus persica*, (L.) Batsch.). La causa de estos resultados sería la menor actividad fotosintética que se logra en el follaje de los árboles cloróticos. Sin embargo, también se obtuvo una significativa relación entre la concentración de clorofila en la piel del fruto y el peso del mismo (Figura 5), lo cual no descarta que la fotosíntesis del propio fruto también esté influyendo en su crecimiento. Al respecto, Blanke (1992) comprobó que el fruto del palto realiza fotosíntesis, y que ésta es de tipo diferente a la que se desarrolla en la hoja.

Cuadro 2. Peso del fruto y concentración de aceite según el grado de clorosis férrica en árboles de palto.

Table 2. Fruit weight and oil concentration according to the degree of iron chlorosis in avocado trees.

Clorosis follaje	Peso del fruto (g)	Aceite pulpa (%)
Ausente	185,7 a	8,3 a
Mediana	150,3 b	5,6 a
Intensa	107,3 c	5,2 b

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

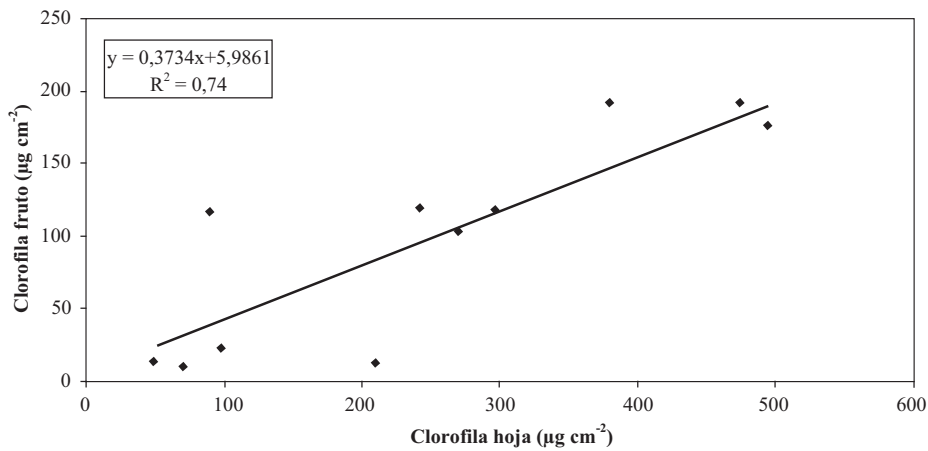


Figura 3. Relación entre la concentración de clorofila en la hoja y en la piel del fruto de palto.
Figure 3. Relation between chlorophyll concentration in the leaf and fruit peel in avocados.

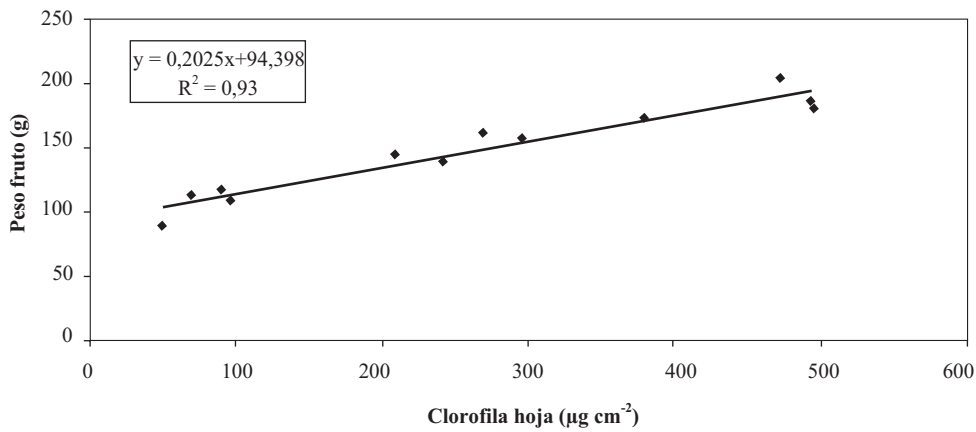


Figura 4. Relación entre el contenido de clorofila de la hoja y el peso del fruto de palto.
Figure 4. Relation between chlorophyll content in the leaf and fruit weight in avocados.

Clorosis férrica y contenido de aceite en el fruto

Un efecto similar al que se encontró con el tamaño del fruto se obtuvo con la concentración de aceite. Tanto la concentración de clorofila en la hoja como en el fruto, presentó una significativa relación con la concentración de aceite en el fruto (Figuras 6 y 7). La menor actividad fotosintética en ambos órganos, nuevamente sería la responsable de este resultado. El menor contenido de aceite en los frutos de los árboles cloróticos coincide con lo observado por Lee (1981) en palto cv. Fuerte.

La clorosis férrica no habría alterado la madurez del fruto, pues éste desarrolló su color negro en la piel en igual fecha en todos los árboles (fines de octubre).

CONCLUSIONES

En el árbol de palto la clorosis férrica disminuye la concentración de clorofila en la hoja y en la piel del fruto, afectando proporcionalmente a su intensidad el tamaño del fruto y la concentración de aceite.

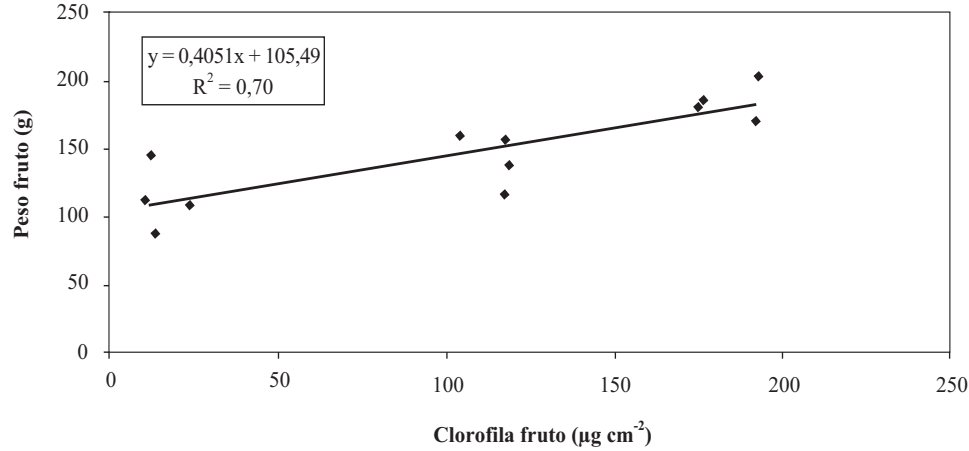


Figura 5. Relación entre el contenido de clorofila en la piel del fruto y el peso del fruto de palto.
Figure 5. Relation between chlorophyll content in the fruit peel and fruit weight in avocados.

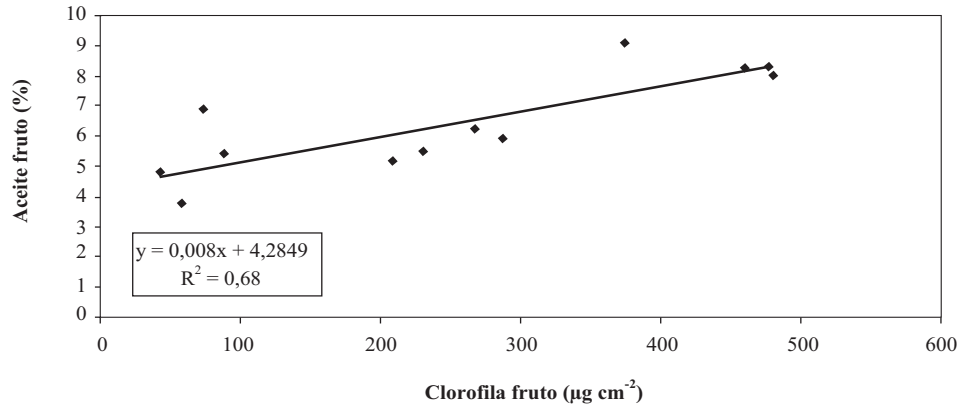


Figura 6. Relación entre el nivel de clorofila en la hoja y el contenido de aceite en el fruto de palto.
Figure 6. Relation between chlorophyll level of the leaf and oil content of the fruit in avocados.

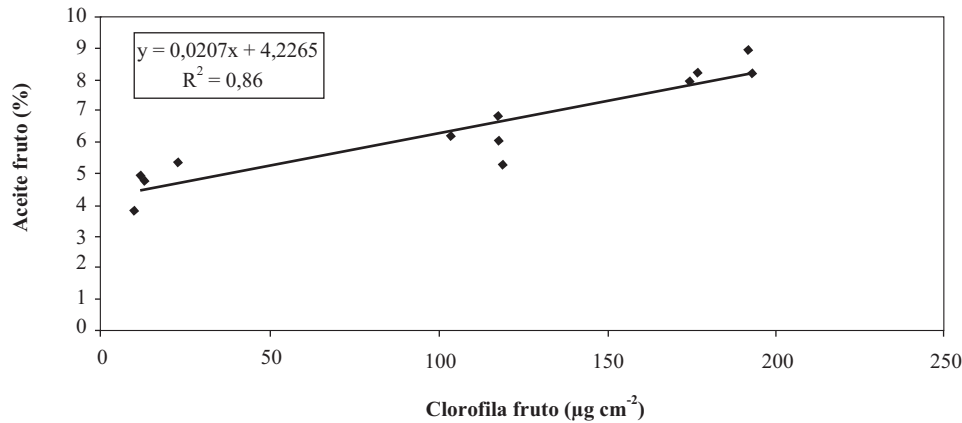


Figura 7. Relación entre el nivel de clorofila en la piel y el contenido de aceite en el fruto de palto.
Figure 7. Relation between peel chlorophyll level and oil content in avocado fruit.

LITERATURA CITADA

- Álvarez de la Peña, F. 1981. El aguacate. 225 p. 3ª ed. Publicaciones de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura, Madrid, España.
- A.O.A.C. 1965. Official methods of analysis. Association of Official Agricultural Chemists. Washington D.C., USA.
- Beutel, J., K. Uriu, and O. Lilleland. 1978. Leaf analysis for California deciduous fruits. Ext. Bull. 1879. p. 11-14. In Reisenauer, H. (ed.). Soil and plant-tissue testing in California. Division of Agric. Sciences. Univ. of California, Davis, California, USA.
- Blanke, M. 1992. Photosynthesis of avocado fruit. p. 179-189. In Proc. of Second World Avocado Congress. April 21-26, 1991. University of California, Riverside, and California Avocado Society. Orange, California, USA.
- Bould, C. 1966. Leaf analysis of deciduous fruits. p. 651-684. In Childers, N. (ed.). Fruit nutrition. Horticultural Publications, Rutgers The State University, New Brunswick, New Jersey, USA.
- Kadman, A. 1962. Soil treatments with iron chelates to cure chlorotic avocado trees in Israel. California Avocado Society Yearbook 46:73-75.
- Lee, S. 1981. A review and background of avocado maturity standard. California Avocado Society Yearbook 65:101-109.
- Lichtenthaler, H., and A. Wellburn. 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 Hort. 448:179-192.
- Peryea, F., and R. Kammereck. 1997. Use of SPAD meter to quantify the effectiveness of mid-summer trunk injection of iron on iron deficient pear trees. Acta Hort. 448:359-360. [Abstract]
- Razeto, B., y K. Uriu. 1971. Estado de la nutrición mineral de frutales de hoja caduca en Chile. Boletín Técnico N° 47. Servicio Agrícola y Ganadero, Santiago, Chile.
- Razeto, B., y S. Rojas. 1977. Tratamientos correctivos de la clorosis férrica en duraznero. Investigación Agrícola (Chile) 3:17-22.
- Razeto, B. 1982. Treatments for iron chlorosis in peach trees. J. Plant Nutr. 5:917-922.
- Razeto, B. 1993. La nutrición mineral de los frutales. Deficiencias y excesos. SOQUIMICH, Santiago, Chile.
- Ruiz, R., M. Helle, y R. Espinoza. 1980. Análisis de clorofila como índice indirecto de clorosis férrica en nectarinos. Agric. Téc. (Chile) 40:161-163.
- Sanz, M., R. Belkhodja, M. Toselli, L. Montañés, A. Abadía, M. Tagliavini, B. Maragoni, and J. Abadía. 1997. Floral analysis as a possible tool for the prognosis of iron deficiency in peach. Acta Hort. 448:241-245.
- Voss, D. 1992. Relating colorimeter measurement of plant color to the Royal Horticultural Society color chart. HortScience 27:1256-1260.