



Agrociencia

ISSN: 1405-3195

agrocien@colpos.mx

Colegio de Postgraduados

México

Reyes, Ma. Isabel; Villegas, Ángel; Colinas, María Teresa; Calderón, Guillermo
Peso específico, contenido de proteína y de clorofila en hojas de naranjo y tangerino
Agrociencia, vol. 34, núm. 1, enero / febrero, 2000, pp. 49-55
Colegio de Postgraduados
Texcoco, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30234106>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

PESO ESPECÍFICO, CONTENIDO DE PROTEÍNA Y DE CLOROFILA EN HOJAS DE NARANJO Y TANGERINO

LEAF SPECIFIC WEIGHT, AND PROTEIN AND CHLOROPHYLL CONTENT IN ORANGE AND TANGERINE LEAVES

Ma. Isabel Reyes-Santamaría¹, Ángel Villegas-Monter¹, María Teresa Colinas-León² y Guillermo Calderón-Zavala¹

¹Especialidad de Postgrado en Fruticultura. IREGEP. Colegio de Postgraduados. 56230, Montecillo, Edo. de México. (maribel@colpos.colpos.mx). ²Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. 56230, Chapingo, Edo. de México.

RESUMEN

Cuando se desea comparar la actividad fotosintética entre especies y variedades es conveniente contar con evaluaciones sencillas, rápidas y representativas. En el presente trabajo se compararon algunos estimadores del proceso fotosintético de tres variedades de cítricos: el naranjo 'Valencia', *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, el naranjo 'Marrs' y el tangerino 'Dancy', *Citrus reticulata* (H.) Blanco. Los resultados indicaron que los mayores valores de peso específico de la hoja (PEH) y de proteína soluble ocurrieron en el periodo de octubre a enero en las tres variedades, y los menores valores en el periodo de floración (enero y febrero). En general, el naranjo Valencia fue la variedad que tuvo mayor PEH, y el tangerino 'Dancy' quien mostró menor cantidad de tejido fotosintético por hoja, debido a que presentó el menor grosor, sin embargo, tuvo el mayor contenido de proteína soluble, debido probablemente a que la evaluación se hizo en un año de baja producción. En los tres cítricos, el mayor contenido de clorofila "a" se detectó durante los meses en que la planta tuvo mayor demanda de fotoasimilados (marzo a abril).

Palabras clave: *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata*, cítricos, fotosíntesis.

INTRODUCCIÓN

La edad de la hoja y su estado de desarrollo son importantes para determinar algunos procesos morfológicos y fisiológicos en las plantas (Horsley y Gottschalk, 1993; Chaumont *et al.*, 1994). En cítricos, su duración en el árbol debe ser de 13 a 14 meses; durante los dos primeros necesitan reservas del árbol, pues no elaboran lo que consumen; en verano, son la fuente de abastecimiento para la fruta en desarrollo; en otoño, al disminuir las temperaturas nocturnas, permiten la acumulación de carbohidratos que estarán disponibles para sostener la siguiente floración, emisión de follaje y la nueva fructificación. Por tanto, es necesario conservar las

ABSTRACT

When photosynthetic activity is compared among species and cultivars, it is desirable to have easy, fast and representative evaluations. In the present study, several estimators of the photosynthetic activity were evaluated in three cultivars of citrus: Valencia and Marrs, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck oranges and Dancy *Citrus reticulata* (H.) Blanco tangerine. The highest values of leaf specific weight (LSW) and soluble protein were detected in the period from October to January, while the lowest LSW were obtained during flowering (January and February). Valencia orange had the highest LSW, while Dancy tangerine showed the lowest photosynthetic tissue per leaf, because its leaf is thinner; however, the tangerine had the highest amount of soluble protein, probably due to a low fruit yield in that year. In all three citrus, the chlorophyll "a" content was highest in the months when the photoassimilate requirements were higher (March to April).

Key words: *Citrus sinensis*, *Citrus reticulata*, citrus, photosynthesis.

INTRODUCTION

The age of the leaf and its state of development are important for determining some morphological and physiological processes in plants (Horsley and Gottschalk, 1993; Chaumont *et al.*, 1994). In citrus, leaves must remain on the tree for 13 to 14 months. During the first two months they need reserves from the tree, since they do not elaborate what they consume. In the summer, they are the source of supply for the developing fruit; in the fall, with the descent of night temperatures, they allow the accumulation of carbohydrates, which will be available to sustain the following florescence, leaf emission, and the new fructification. Therefore, it is necessary to conserve the leaves of the year, in order to sustain the following period of flowering and fruit set (Ramírez, 1991).

Some researchers consider chlorophyll to be a good indicator for selecting high rate photosynthetic genotypes (Buttery and Buzzell, 1977). De Jong *et al.* (1984) observed a direct relation between net photosynthesis (NP)

Recibido: Abril, 1997. Aprobado: Junio, 1999.

Publicado como NOTA en *Agrociencia* 34: 49-55. 2000.

hojas del año para sostener el siguiente periodo de floración y el amarre de frutos (Ramírez, 1991).

Algunos investigadores consideran a la clorofila como un buen indicador para seleccionar genotipos de alta tasa fotosintética (Buttery y Buzzell, 1977). En kiwi (*Actidinia chinensis*, Planch.), De Jong *et al.* (1984) observaron una relación directa entre la fotosíntesis neta (Fn) y el contenido de clorofila.

En cuanto a los elementos esenciales, Marschner (1986) menciona que más de 75 % del nitrógeno orgánico total se localiza en los cloroplastos, principalmente en forma de enzimas, y que una deficiencia de este elemento tiene efecto directo en la síntesis de clorofila. En este sentido, Calderón *et al.* (1997) señalan que el contenido de nitrógeno en la hoja es un factor determinante en la tasa fotosintética por unidad de área foliar, ya que si tal contenido es alto, la tasa fotosintética también lo será. Sin embargo, ha sido difícil establecer una correlación entre Fn y el contenido de clorofila o de N en hojas, porque en condiciones de campo la Fn fluctúa durante el día, mientras que los contenidos de N y clorofila en hojas permanecen prácticamente constantes (Ryugo, 1988).

Una forma de estimar la fotosíntesis, es mediante la producción de materia seca por unidad de superficie foliar, o sea, el peso específico de la hoja (PEH) (Secor *et al.*, 1982). Así, Nava y Villegas (1994), al comparar cuatro portainjertos para cítricos en condiciones de vivero, encontraron que los mayores PEH fueron en Citrange Troyer (*Poncirus trifoliata* x *Citrus sinensis*) (11 mg cm⁻²), seguido por tangerino Cleopatra (*Citrus reticulata* (L.) Blanco) y Citrange Carrizo (*Poncirus trifoliata* x *Citrus sinensis*), mientras que el menor PEH fue para naranjo agrio (*Citrus aurantium*) (9 mg cm⁻²). Estas diferencias podrían estar asociadas con variaciones en las tasas fotosintéticas, aunque también pudieran deberse a diferencias estructurales anatómicas y morfológicas inherentes a cada especie o genotipo. Según varios autores, el PEH es afectado por la sombra, de manera que conforme ésta se incrementa el PEH decrece (Barden, 1978; Marini y Sowers, 1990).

Según Secor *et al.* (1982), el contenido de proteína soluble en las hojas está funcionalmente relacionado con la fotosíntesis, por lo que el contenido podría ser utilizado para estimar diferencias en la capacidad fotosintética entre especies. Dicho contenido también ha sido utilizado como un estimador de la cantidad de la Ribulosa 1,5-difosfato carboxilasa oxidasa (Rubisco), enzima responsable de la fijación de CO₂. Por ejemplo, las plantas de sombra tienen menor contenido de proteína soluble y de Rubisco, comparadas con las de luz (Boardman, 1977; Taiz y Zeiger, 1991). Un comportamiento similar muestran plantas de fresa (*Fragaria* x *Ananassa* Duch.) obtenidas *in vitro* (Acosta *et al.*, 1997).

and the chlorophyll content in Kiwi (*Actidinia chinensis* Planch).

Concerning the essential elements, Marschner (1986) mentions that more than 75 % of the total organic nitrogen is located in the chloroplasts, mainly in the form of enzymes, and that a deficiency of this element has a direct effect on the chlorophyll synthesis. To this effect, Calderón *et al.* (1997) point out that the nitrogen content in the leaf is a determinant factor in the photosynthetic rate per unit of foliar area, since, if this content is high, the photosynthetic rate will be high, too. Nevertheless, it has been difficult to establish a correlation between NP and the chlorophyll or N foliar contents, because under field conditions, the NP fluctuates during the day, while N and chlorophyll contents remain practically constant in the leaves (Ryugo, 1988).

One way to estimate photosynthesis is through the production of dry matter per unit of foliar surface, the specific leaf weight (SLW) (Secor *et al.*, 1982). Thus, at comparing four citrus rootstocks under greenhouse conditions, Nava and Villegas (1994) found that the highest SLW was in Citrange Troyer (*Poncirus trifoliata* x *Citrus sinensis*) (11 mg cm⁻²), followed by tangerine Cleopatra (*Citrus reticulata* L. Blanco) and Citrange Carrizo (*Poncirus trifoliata* x *Citrus sinensis*), while the lowest SLW was for the sour orange (*Citrus aurantium*) (9 mg cm⁻²). These differences might be associated to variations in the photosynthetic rates, though they also might be due to anatomic and morphological differences in structure, inherent to each species or genotype. According to some authors, the SLW is affected by the shade, so as this increase, the SLW decreases (Barden, 1978, Marini and Sowers, 1990).

According to Secor *et al.* (1982), the content of soluble protein in the leaves is functionally related to photosynthesis; consequently the content could be used to estimate differences in photosynthetic capacity among species. This content has also been used to estimate the quantity of Ribulose 1,5 biphosphate carboxylase oxidase (Rubisco), an enzyme responsible for the CO₂ fixation. For example, shade plants, compared to sunlight plants, contain less soluble protein and Rubisco (Boardman, 1977; Taiz and Zeiger, 1991). Strawberry (*Fragaria* x *Ananassa* Duch) plants, obtained *in vitro* show similar behavior (Acosta *et al.*, 1997).

Lovatt *et al.* (1992) found that in the "Washington Navel" orange tree (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) the protein content in flowers of inflorescence with leaves was 19 mg g⁻¹ fw and in fruits 6.4 mg g⁻¹, whereas it was 12 mg g⁻¹ fw in flowers and 6.8 mg g⁻¹ in fruits in inflorescences without leaves.

Among the photosynthesis estimators, specific leaf weight, carbohydrate concentration, soluble protein, and chlorophyll content are the most used. Therefore, in this

En naranjo (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) 'Washington Navel', Lovatt *et al.* (1992) encontraron que el contenido de proteína en flores de inflorescencias con hoja fue de 19 mg g⁻¹ pf, y en frutos de 6.4 mg g⁻¹, mientras que en inflorescencias solas fue de 12 mg g⁻¹ pf en flores y 6.8 mg g⁻¹ pf en frutos.

Entre los estimadores de la fotosíntesis, los más utilizados son el peso específico de la hoja, la concentración de carbohidratos, la proteína soluble y el contenido de clorofila. Por ello, en este trabajo y con el fin de conocer las diferencias fisiológicas en dos especies de cítricos, se evaluaron estos estimadores de la fotosíntesis en varias etapas fenológicas a lo largo del año.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se efectuó en un huerto del Municipio de Cazes de Herrera, Veracruz, ubicado a 20° 40' N y 97° 28' O. Se utilizaron árboles de naranjo 'Valencia' (cinco años de edad) y 'Marrs', y del tangerino 'Dancy', estos dos últimos con ocho años de edad, todos ellos injertados sobre naranjo agrio (*Citrus aurantium*).

Las variables evaluadas en hojas de cada uno de los tres cítricos, fueron:

Peso específico de la hoja. En los meses de enero, febrero, marzo, abril, julio y octubre de 1995 y enero de 1996, se midió el área foliar de los brotes con un integrador de área foliar LI-3100 (LICOR, Inc. Lincoln, Ne, USA); posteriormente las hojas se secaron en estufa por 48 horas a 80 °C. Con estos datos se calculó el PEH = Peso seco (mg)/área foliar (cm²).

Grosor de la hoja. Esta característica fue medida una sola vez en el mes de noviembre (1996), en hojas recién cortadas, mediante cortes con el micrómetro de congelación; el grosor se midió en micrómetros (μm).

Contenido de proteína soluble. En muestras de hojas desarrolladas en condiciones de luz, colectadas durante los meses de enero, febrero, marzo, abril, julio, agosto, septiembre y diciembre (1995), se determinó el contenido de proteína soluble (μg/100 mg pf) por el método de Lowry *et al.* (1951).

Contenido de clorofila. Durante el periodo de enero a julio de 1996, mensualmente se muestrearon hojas desarrolladas en luz; en ellas se cuantificó el contenido de clorofilas "a", "b", y total, por el método de la AOAC (1980), con base en las siguientes fórmulas: Clorofila "a" = 12.7 (A663) - 2.59 (A645); Clorofila "b" = 22.9 (A645) - 4.68 (A663); Clorofila total = 8.2 (A663) + 20.2 (A645); donde A663 y A645 corresponden a las absorbancias a 663 y 645 μm de longitud de onda, medidas con un espectrofotómetro.

El diseño experimental fue completamente al azar, con diferente número de repeticiones; para PEH se utilizaron el total de hojas de 16 brotes (repeticiones) por mes. Para grosor de hojas, 10 repeticiones de cada una de las posiciones en el brote (ápice, medio y basal). Para proteína soluble y clorofila, de un total de 40 hojas por árbol (160 en total) se tomaron tres repeticiones de 100 mg de lámina foliar sin nervadura,

study these photosynthesis estimators were evaluated in several phenological phases during the year with the purpose to know the physiological differences in two citrus species.

MATERIALS AND METHODS

The research was carried out in an orchard in the municipality of Cazes de Herrera, Veracruz, located at 20° 40' N and 97° 28' W. Trees of Valencia (five years old) and Marrs orange, and Dancy tangerine were used, the latter eight years old, all of them grafted in sour orange trees (*Citrus aurantium*).

The variables evaluated in each of the three citrus were:

Specific leaf weight (SLW). In January, February, March, April, July, and October 1995, and in January 1996, the foliar area of the shoots was measured with a LI-3100 (LICOR, Inc. Lincoln, Ne, USA). Afterwards, the leaves were dried in an oven at 80 °C for 48 hours; with these data, SLW was calculated by the rate dry weight (mg) per foliar area (cm²).

Leaf thickness. This characteristic was measured only once in November (1996), in leaves, recently cut, with a freezing microtome; the thickness was measured in micrometers (μm).

Soluble protein content. In leaf samples, developed under light conditions, collected during the months of January, February, March, April, July, August, September, and December (1995), the soluble protein content (μg/100 mg fw) was determined by the method of Lowry *et al.* (1951).

Chlorophyll content. During the period from January to July 1996, leaves developed at light were sampled every month, and their "a", "b", and total chlorophyll content was quantified by the AOAC method (1980) based on the following formulas: "a" chlorophyll = 12.7 (A663) - 2.59 (A645); "b" chlorophyll = 22.9 (A645) - 4.68 (A663); total chlorophyll = 8.2 (A663) + 20.2 (A645); where A663 and A645 correspond to the absorbency at 663 and 645 nm of wavelength, measured with a spectrophotometer.

The experimental design was completely random with a different number of replications. For the specific leaf weight, all leaves of 16 shoots (replications) were used per month; for the leaf thickness, 10 replications of each of the leaf positions (apex, medium, and basal). For soluble protein and chlorophyll, three replications of 100 mg of foliar lamina without nervure were taken per cultivar from a total of 40 leaves per tree (160 on the whole). The means and the standard deviations of each of the variables were calculated.

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 shows that the two orange cultivars, Valencia and Marrs, had a similar annual variation in specific leaf weight, and that the greatest SLW was observed from October to February, a period in which the plant had to accumulate a larger amount of carbohydrate reserves to be utilized in floral differentiation, initial vegetative

por variedad. Se calcularon las medias y desviaciones estándar de cada una de las variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se muestra que las dos variedades de naranjo, Valencia y Marrs, presentaron una variación anual similar en el PEH, y que el mayor PEH se observó en los meses de octubre a febrero, época en la cual la planta debió acumular mayor cantidad de carbohidratos de reserva para utilizarlos en la diferenciación floral, crecimiento vegetativo inicial y fructificación como lo sugieren Ramírez (1991) en cítricos, Marini y Sowers (1990) en manzano (*Malus pumila* Mill) y Castillo (1996) en aguacate (*Persea americana*). En los meses de marzo a julio disminuyó el PEH, lo cual se atribuye al crecimiento vegetativo y floral que ocurre en ese periodo, además del amarre y desarrollo de frutos. El PEH aumentó nuevamente en octubre para alcanzar el máximo en enero, situación que se relaciona con la maduración de las hojas y la acumulación de fotoasimilados (Castillo, 1996).

Los valores promedio aquí obtenidos son similares a los encontrados por Nava y Villegas (1994) al trabajar en portainjertos de cítricos bajo condiciones de vivero, que fueron de 11 mg cm⁻² para Citrange Troyer, seguido por el Tangerino Cleopatra y el Citrange Carrizo, y de 9 mg cm⁻² para el Naranjo Agrio.

El tangerino Dancy también disminuyó el PEH de febrero a julio (Cuadro 1), de manera similar al comportamiento mostrado por las variedades de naranjo, aunque en tangerino el cambio fue de menor magnitud. Cabe indicar que durante 1995 esta especie mostró una baja producción de flores y frutos, debido al fenómeno de alternancia; no obstante, el PEH disminuyó, lo cual se puede relacionar con la edad de la hoja y su estado de desarrollo, como lo indican Chaumont *et al.* (1994).

Cuadro 1. Peso específico de la hoja (mg cm⁻²) en dos variedades de naranjo y una variedad de tangerino, en Cazones, Veracruz.

Table 1. Specific leaf weight (mg cm⁻²) in two orange tree and one tangerine cultivars in Cazones, Veracruz.

Mes	Naranjo Valencia	Naranjo Marrs	Tangerino Dancy
Enero	12.23 ± 0.62 [†]	11.11 ± 0.62	10.74 ± 0.75
Febrero	12.16 ± 0.67	10.54 ± 0.52	10.53 ± 0.93
Marzo	7.37 ± 0.75	6.93 ± 0.69	nd
Abril	10.92 ± 1.21	9.45 ± 0.47	8.64 ± 0.93
Julio	8.19 ± 0.57	7.69 ± 0.61	7.66 ± 0.46
Octubre	12.15 ± 2.73	12.12 ± 1.01	9.48 ± 0.44
Enero	14.07 ± 0.98	11.90 ± 2.21	10.96 ± 0.99
Media	11.01	9.96	9.67

[†] Media y desviación estándar de 16 brotes de 8 a 12 hojas cada uno.
nd = No disponible.

growth and fructification, as Ramírez (1991) suggests for citrus, Marini and Sowers (1990) for apple trees (*Malus pumila* Mill), and Castillo (1996) for avocado (*Persea americana*). In the months from March to July, the SLW diminished due to vegetative and floral growth occurring in this period, besides fruit set and development. The SLW increased again in October and reached the highest rate in January, because of leaf maturing and the accumulation of photoassimilates (Castillo, 1996).

The average values obtained are similar to those found by Nava and Villegas (1994) working on citrus grafting under tree nursery conditions, which were 11 mg cm⁻² for Citrange Troyer, followed by Cleopatra Tangerine and Citrange Carrizo, and 9 mg cm⁻² for the Sour Orange tree.

The SLW of Dancy tangerine also decreased from February to July (Table 1), similarly to the cultivars of orange trees, though in tangerine the change was not as remarkable. It is worth mentioning, that during 1995 this species had a low production of flowers and fruits, due to the phenomenon of alternation; the SLW decreased, which may be related to the age of the leaf and its state of development, as Chaumont *et al.* (1994) indicate.

Considering that the SLW can be related to the leaf thickness (Table 2) due to number of cell layers in the stockade and its size (Marini and Sowers, 1990), it may be assumed that the Dancy tangerine is the cultivar with the least photosynthetic tissue per leaf, for having the least thickness; consequently, it should be the one with the smallest photosynthetic rate. The Marrs and Valencia orange cultivars had similar values of leaf thickness, and higher ones than those of Dancy tangerine, therefore, they should present a higher photosynthetic rate. Taking into account the average yield of these fruit trees in México, the premise is fulfilled, since the orange tree produces 12 401 kg ha⁻¹ and the tangerine 11 160 kg ha⁻¹ (SAGAR, 1996).

The soluble protein content in Dancy tangerine leaves was higher than in the two orange cultivars (Table 3). This might be due to the fact that in 1995, tangerines presented a low quantity of fruits in development, as they only produced between 10 and 20 kg per tree (a year of low production); in 1996, however, the yield was up to 80-90 kg/tree. The Valencia orange tree produced between 110 and 150 kg per tree, with a protein content similar to that of the Marrs cultivar, the latter yielding 150 to 180 kg/tree in both years. The preceding might be explained by the Marrs orange having only one flowering a year, whereas Valencia orange has up to three, which according to Barroto-Nordelo and Barroto (1991) may limit its production. Considering the former statement, the protein content may indicate the plant condition at a certain moment, but not its productive capacity, as this capacity also depends on the number of flowerings and vegetative fluxes during the year.

Si se considera que el PEH puede relacionarse con el grosor de la hoja (Cuadro 2) debido al número de capas de células en empalizada y tamaño de ésta (Marini y Sowers, 1990), entonces se puede suponer que el tangerino Dancy es la variedad que posee menor cantidad de tejido fotosintético por hoja, por haber tenido menor grosor; en consecuencia, debería ser el de menor tasa fotosintética. Las variedades de naranjo Marrs y Valencia presentaron valores similares en grosor de hoja, y mayores a los del tangerino Dancy; por ello, deberían presentar mayor tasa fotosintética. Con base en el rendimiento promedio de estos frutales en México, la premisa anterior se cumple ya que el naranjo produce 12 401 kg ha⁻¹ y el tangerino 11 160 kg ha⁻¹ (SAGAR, 1996).

El contenido de proteína soluble en hojas de tangerino Dancy fue mayor que en las dos variedades de naranjo (Cuadro 3). Esto pudo deberse a que en 1995 el tangerino presentó una baja cantidad de frutos en desarrollo, ya que sólo produjo de 10 a 20 kg/árbol (año de baja

Throughout the year, variations of the soluble protein content in leaves were detected, the orange cultivars tending to have the highest values in the winter. This behavior agrees with the one observed in non-reducing sugars (Reyes, 1997), and can be associated with the accumulation of carbohydrates which will be available to promote vegetative development, flowering and fructification in the next spring (Ramírez, 1991). In tangerine the protein content is also kept high in winter and diminishes in spring and summer, being related to the least grade of leaf maturity in the warmest months, as Ruan (1993) and Chaumont *et al.* (1994) indicate. In the fall, there is not a definite tendency in any species, therefore, the protein content cannot be related to the plant phenology.

In Table 4, it can be observed that the total chlorophyll contents often is slightly higher in Marrs orange than in Valencia, which might partly explain why the Marrs cultivar has produced more fruits, taking into account the results of De Jong *et al.* (1984), who observed a direct relation between the net photosynthesis (NP) and the chlorophyll content. Vu and Yelenosky (1993) found that in Florida, U.S., located between 25 and 28° N, the concentration of chlorophyll in Valencia orange leaves was 3.1 mg g⁻¹ fw, more than twice the quantity found in this work for the same cultivar (1.4 mg g⁻¹ fw).

The Dancy tangerine (Table 4) had the highest average of total chlorophyll and agrees with our observations about the leaf content of soluble protein (Table 3). Nevertheless, these high chlorophyll contents in the leaves are not associated to high yield, which indicates that it is necessary to know the distribution of energy, generated in the plant, and the function of these pigments in metabolic processes and yield.

Analyzing the “a” chlorophyll content behavior throughout the year (1996) for each cultivar, it is observed in Table 4 that in the two orange cultivars the chlorophyll content increased, from January and February to March and April, when the plant has the highest demand because of vegetative and floral shooting as well as fruit development. This agrees with the observations of Patrick (1990) and Castillo (1996) who point out that the greater the demand, the higher the plant efficiency, and confirms Govindjee’s statement (1994), who indicated the importance of “a” chlorophyll molecules in both pigment systems for capturing light energy. Dancy tangerine had chlorophyll increases in June and July besides those increases obtained in March and April; this proves the differences among varieties.

CONCLUSIONS

The two citrus species had the highest specific leaf weight (SLW) from October to January, and the lowest values were observed in the period of the full bloom,

Cuadro 2. Grosor (μm) en hojas de dos variedades de naranjo y una variedad de tangerino, en Cazones, Veracruz.

Table 2. Leaf thickness (μm) of two orange tree and one tangerine cultivars in Cazones, Veracruz.

Posiciones en el brote	Especie			
	Naranjo	Valencia	Naranjo Marrs	Tangerino Dancy
Ápice	309.1 ± 24.21 [†]		298.7 ± 11.1	241.7 ± 4.9
Medio	291.8 ± 11.1		309.1 ± 18.4	245.2 ± 9.8
Base	291.8 ± 11.0		297.0 ± 11.4	241.7 ± 12.9
Promedio	297.5		300.4	242.8

[†] Media y desviación estándar de 10 observaciones para cada una de las especies.

Cuadro 3. Contenido de proteína soluble (μg/100 mg pf) en hojas de dos variedades de naranjo y una variedad de tangerino, en Cazones, Veracruz.

Table 3. Soluble protein content (μg/100 mg FW) in leaves of two orange tree and one tangerine cultivar in Cazones, Veracruz.

Mes	Naranjo	Valencia	Naranjo Marrs	Tangerino Dancy
Enero	41.3 ± 2.5 [†]		48.7 ± 0.9	64.0 ± 1.6
Febrero	62.0 ± 1.6		50.7 ± 0.9	64.0 ± 0.1
Marzo	38.9 ± 1.6		40.0 ± 1.6	nd
Abril	40.0 ± 0.2		42.0 ± 2.28	30.7 ± 0.9
Julio	58.0 ± 1.6		48.0 ± 2.8	49.3 ± 0.9
Agosto	46.7 ± 2.5		34.7 ± 0.9	34.0 ± 0.3
Septiembre	44.0 ± 1.6		58.7 ± 1.9	40.7 ± 2.5
Diciembre	46.7 ± 1.9		45.3 ± 0.9	62.7 ± 0.9
Media	47.08		46.01	49.34

[†] Media y desviación estándar de tres observaciones para cada una de las especies.
nd = No disponible.

producción); sin embargo, en 1996 llegó a producir entre 80 y 90 kg/árbol. El naranjo Valencia produjo de 110 a 150 kg/árbol, con un contenido de proteína similar al de la variedad Marrs, pero este último rindió de 150 a 180 kg/árbol, en los dos años. Lo anterior se podría explicar porque Marrs presenta una sola floración al año, mientras que Valencia tiene hasta tres, lo que según Barroto-Nordelo y Barroto (1991) puede limitar su producción. Con base en lo anterior, el contenido de proteína puede indicar la condición de la planta en un momento dado, pero no la capacidad productiva de la misma, pues esta capacidad también depende del número de floraciones y de flujos vegetativos en el año.

A lo largo del año se detectaron variaciones en el contenido de proteína soluble en las hojas, en el que las variedades de naranjo tendieron a presentar los mayores valores en el invierno. Este comportamiento coincide con el observado en azúcares no reductores (Reyes, 1997) y se puede asociar con la acumulación de carbohidratos que estarán disponibles para promover el desarrollo vegetativo, floración y fructificación en la próxima primavera (Ramírez, 1991). En tangerino, el contenido de proteína también se mantiene alto en el invierno para disminuir en primavera y verano, lo cual se relaciona con el menor grado de madurez de las hojas en los meses más cálidos, como lo indican Ruan (1993) y Chaumont *et al.* (1994). En la estación de otoño no existe una tendencia definida en especie alguna, por lo que el contenido de proteína no se puede relacionar con la fenología de la planta.

En el Cuadro 4 se observa que el contenido de clorofila total con frecuencia es ligeramente superior en naranjo Marrs que en Valencia, lo cual podría explicar en parte el que Marrs haya producido más frutos, teniendo en cuenta lo indicado por De Jong *et al.* (1984), quienes observaron una relación directa entre la Fn y el contenido de clorofila. En Florida, EE.UU, ubicada entre 25 y 28° N, Vu y Yelenosky (1993) encontraron que la con-

vegetative growth, and fruit production (March to July); the cultivar with the highest SLW average was Valencia orange. Both citrus species showed the greatest soluble protein contents in the months when vegetative growth stopped (October and January). Likewise, the soluble protein content diminished during flowering and vegetative shooting. The Dancy tangerine leaves had the least lamina thickness and the highest soluble protein content. The "a" chlorophyll content increased from March to April in both orange cultivars. In the Dancy tangerine there was an additional increase in June and July. None of the two evaluated estimators alone can be utilized to estimate photosynthesis in citrus.

—End of the English version—



centración de clorofila en hojas de naranja Valencia fue de 3.1 mg/g pf, más del doble de lo que se encontró en este trabajo para esta variedad (1.4 mg/g pf).

El tangerino Dancy (Cuadro 4) mostró el mayor promedio de clorofila total y coincide con lo observado en el contenido foliar de proteína soluble (Cuadro 3). Sin embargo, estos altos contenidos de clorofila en las hojas no se asociaron con alto rendimiento, lo que indica la necesidad de conocer la distribución que la planta hace de la energía generada y la función que tienen dichos pigmentos en los procesos metabólicos y el rendimiento.

Al analizar el comportamiento del contenido de clorofila "a" a través del año (1996) para cada variedad, en el Cuadro 4 se observa que para las dos variedades de naranjo el contenido de clorofila se incrementó de enero y febrero a marzo y abril, cuando la planta tiene mayor demanda por la brotación vegetativa y floral, así como por el desarrollo del fruto. Esto coincide con lo indicado por Patrick (1990) y Castillo (1996), quienes señalan que

Cuadro 4. Contenido de clorofila "a" y "b" y total (mg/g pf) en hojas de naranjo Valencia y Marrs, y de tangerino Dancy, en Cazones, Veracruz.

Table 4. "a", "b" and total chlorophyll content (mg/g⁻¹ fw) in leaves of Valencia and Marrs orange and of Dancy tangerine, in Cazones, Veracruz.

Mes	Naranjo Valencia			Naranjo Marrs			Tangerino Dancy		
	"a"	"b"	Total	"a"	"b"	Total	"a"	"b"	Total
Enero	0.60	0.48	1.09	0.75	0.64	1.41	0.78	0.63	1.42
Febrero	0.65	0.46	1.12	0.85	0.65	1.51	0.88	0.20	1.09
Marzo	1.12	0.59	1.73	1.04	0.45	1.51	1.16	0.54	1.71
Abril	0.95	0.44	1.40	1.04	0.49	1.55	1.11	0.51	1.64
Mayo	0.84	0.70	1.55	0.79	0.72	1.52	0.81	0.62	1.44
Junio	0.90	0.68	1.58	1.00	0.86	1.87	1.14	0.90	2.05
Julio	0.78	0.59	1.38	0.92	0.71	1.64	1.23	0.97	2.21
Media	0.84	0.56	1.41	0.91	0.65	1.57	1.01	0.63	1.65

Cada dato es una media de tres observaciones.

al existir mayor demanda, la planta es más eficiente, y confirma lo indicado por Govindjee (1994), quien señala la importancia de las moléculas de clorofila "a" en ambos sistemas de pigmentos para la captura de energía luminosa. En el tangerino Dancy, además de los aumentos de marzo y abril, también los hubo en junio y julio; esto pone de manifiesto las diferencias entre variedades.

CONCLUSIONES

Las dos especies de cítricos presentaron los mayores pesos específicos de hoja (PEH) en el periodo de octubre a enero, y los menores valores coincidieron con el periodo de máxima floración, crecimiento vegetativo y amarre de fruto (marzo a julio); la variedad que presentó el mayor PEH promedio fue el naranjo Valencia. Las dos especies de cítricos presentaron mayor contenido de proteína soluble en los meses en que se detiene el crecimiento vegetativo (octubre a enero). Asimismo, el contenido de proteína soluble se redujo durante la floración y la brotación vegetativa. Las hojas de tangerino Dancy presentaron el menor grosor de lámina y tuvieron el mayor contenido de proteína soluble. El contenido de clorofila "a" se incrementó en los meses de marzo y abril en las dos variedades de naranjo; en tangerino Dancy hubo un incremento adicional en junio y julio. De los estimadores evaluados ninguno, por sí solo, puede ser utilizado para estimar fotosíntesis en cítricos.

LITERATURA CITADA

- Acosta R., M. C., A. Villegas M., M. T. Colinas L., y M. E. Engleman. 1997. Efecto del NH_4NO_3 en la micropropagación de fresa (*Fragaria x Ananassa* (Duch.). Proc. Interam. Soc. Trop. Hort. 41: 113-118.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1980. Official Methods of Analysis. 13th ed. Washington, D. C. 100 p.
- Barden, A. J. 1978. Apple leaves, their morphology and photosynthetic potential. HortScience 13: 644-646.
- Boardman, N. K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. Annu. Rev. Plant Physiol. 28: 355-377.
- Borroto-Nordelo, C. y A. Borroto de la Torre. 1991. Citricultura Tropical I. Ed. E.N.E.P.S. La Habana, Cuba. 204 p.
- Buttery, B. R., and R. I. Buzzell. 1977. The relation between chlorophyll content and rate of photosynthesis in soybeans. Can. J. Plant Sci. 57: 1-5.
- Calderón Z., G., J. Rodríguez A., A. E. Becerril R., M. Livera M., y M. T. Colinas L. 1997. Fertilización foliar nitrogenada en la fotosíntesis y el desarrollo de durazno en producción forzada. Agrociencia 31: 291-296.
- Castillo G., A. M. 1996. Fluctuación anual de carbohidratos y nutrientes en relación al amarre de frutos de aguacate (*Persea americana* Mill) cv. Colín V-33. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 137 p.
- Chaumont, M., J. F. Morot-Gaudry, and C.H. Foyer. 1994. Seasonal and diurnal changes in photosynthesis and carbon partitioning in *Vitis vinifera* leaves in vines with and without fruit. J. Exp. Bot. 278: 1235-1243.
- De Jong, T. M., A. Tombesi, and K. Ryugo. 1984. Photosynthetic efficiency of kiwi (*Actinidia chinensis*, Planch.) in response to nitrogen deficiency. Photosynthetica 18: 139-145.
- Govindjee. 1994. Función de la clorofila "a" en la fotosíntesis. In: Fisiología Vegetal. Salisbury, F. B. y C. W. Ross (eds.) Grupo Ed. Interamérica. EE.UU. pp: 246-248.
- Horsley, S. B., and K. W. Gottschalk. 1993. Leaf area and net photosynthesis during development of *Prunus serotina* seedlings. Tree Physiol. 12: 55-69.
- Lovatt, C. J., O. Sagee, and A.G. Ali. 1992. Ammonia and/or its metabolites influence flowering, fruit set, and yield of the "Washington Navel" orange. Proc. Int. Soc. Citriculture. Dept. Botany and Plant Sciences. Riverside, Univ. Calif. Paper No. 37. 16 p.
- Lowry, L. H., N. J. Rosebrough, A. L. Farr, and R. J. Randal. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193: 265-275.
- Marini, R.P., and D. L. Sowers. 1990. Net photosynthesis, specific leaf weight and flowering of peach as influenced by shade. HortScience 25: 331-334.
- Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, Harcourt Brace Jovanovich. Fla. USA. 543 p.
- Nava A., J. y A. Villegas M. 1994. Comportamiento en vivero de portainjertos tolerantes a la tristeza de los cítricos. Proc. Interam. Soc. Trop. Hort. 38: 86-89.
- Patrick, J. W. 1990. Sieve element unloading: Celular pathway, mechanism and control. Physiol. Plant. 78: 298-308.
- Ramírez D., J. M. 1991. Efecto del clima en la calidad de los cítricos. 1er Cong. Int. Citricultura. Martínez de la Torre, Ver. pp: 7-17.
- Reyes S., M. I. 1997. Evaluación de diferentes estimadores de fotosíntesis en tres especies de cítricos. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 111 p.
- Ruan, Y. L. 1993. Fruit set, young fruit and leaf growth of *Citrus unshiu* in relation to assimilate supply. Sci. Hort. 53: 99-107.
- Ryugo, K. 1988. Fruit Culture. Its Science and Art. John Wiley, Davis, Calif. 344 p.
- SAGAR. 1996. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Dirección General de Información Agropecuaria, Forestal y de Fauna Silvestre. Tomo I: 660-670.
- Secor, J., D. R. McCarty, R. Shibbes, and D. E. Green. 1982. Variability and selection for leaf photosynthesis in advanced generation of soybean. Crop Sci. 22: 255-258.
- Taiz, L., and E. Zeiger. 1991. Plant Physiology. The Benjamin/Cummings Pub. Redwoodcity, Calif. 565 p.
- Vu, J. C. V., and G. Yelenosky. 1993. Photosynthesis and freeze tolerance comparisons of the newly released 'Ambersweet' hybrid with 'Valencia' orange. Environ. Exp. Bot. 33: 391-395.