

POTENCIAL DE RENDIMIENTO Y ASIMILACION DE CO₂ EN ARBOLES JOVENES DE DURAZNO Y NECTARINO

YIELD POTENTIAL AND NET CO₂ ASSIMILATION IN NONFRUITING PEACH AND NECTARINE TREES

Jorge A. Zegbe Domínguez¹ y Manuel Livera Muñoz²

RESUMEN

Con el propósito de estudiar la habilidad fotosintética y el potencial de rendimiento en árboles jóvenes de duraznero y nectarino [*Prunus persica* (L.) Batsch, cvs Oro-A, TropicBeauty y SunHome], se estableció un experimento bajo condiciones de campo. Entre otras variables, se estudió la relación entre la tasa de asimilación de CO₂ con el número de yemas florales por longitud de rama mixta (potencial de rendimiento). Como resultado se observó que la tasa de asimilación de CO₂ fue significativamente ($P \leq 0.0001$) diferente entre genotipos. Sin embargo, se encontró una relación negativa entre la tasa de asimilación de CO₂ y el potencial de rendimiento de los cultivares.

ABSTRACT

The objective of this work was to study the photosynthetic rate (CO₂) and yield potential of peach and nectarine trees [*Prunus persica* (L.) Batsch, cvs Oro-A, TropicBeauty y SunHome]. The experiment was established under field conditions. The relation between CO₂ assimilation rate and the number of floral buds per fruiting shoot length (denoted as yield potential) among genotypes was evaluated. As a result, the photosynthetic rate was significantly ($P \leq 0.0001$) different among cultivars. However, a negative relation between CO₂ assimilation and cultivar yield potential was observed.

Palabras índices adicionales: *Prunus persica*, fotosíntesis.

INTRODUCCION

La creciente necesidad de producir más y mejores alimentos ha despertado el interés por nuevas alternativas de producción distintas a

la optimización de las prácticas agronómicas, debido a que éstas tienen sus límites en maximizar el rendimiento de los cultivos. En consecuencia, el mejoramiento genético continúa siendo la alternativa para aumentar la producción. Así, Flore y Lakso (1989) señalaron la importancia de conocer la relación entre la capacidad de asimilación de CO₂ por los frutales y su rendimiento, para desarrollar nuevos cultivares de especies frutales con alta afinidad por el CO₂ atmosférico. En tomate [*Lycopersicon esculentum* (Mill.)], por ejemplo, se encontraron diferencias significativas entre genotipos en su capacidad de asimilación de CO₂ (Gosiewski *et al.*, 1982; Nilwik *et al.*, 1982). En fresa (*Fragaria chiloensis*), Hancock *et al.* (1989a)

Recepción: 13-11-1995
Aprobación: 17-06-1998

¹Becario CONACYT-INIFAP (1990-1991). Programa de Fruticultura. IREGEP. Colegio de Postgraduados. Actualmente, Investigador del Programa de Frutales del Campo Experimental Calera. Apartado Postal N.º. 18. Calera de V.R. Zac., C.P. 98500, México.

²Profesor-Investigador. Programa de Genética. IREGEP. Colegio de Postgraduados. C.P. 56230, Montecillo, Edo. de México.

señalaron que la capacidad de asimilación de CO_2 puede transmitirse genéticamente; así, estos autores encontraron que *Fragaria chiloensis* aportó dicha característica a su progenie. Posteriormente, Hancock *et al.* (1989b) encontraron una correlación positiva entre la capacidad de asimilación de CO_2 y el rendimiento de la fresa. En contraste, Heins *et al.* (1984) indicaron que una mayor capacidad de asimilación de CO_2 o una atmósfera enriquecida con CO_2 , no necesariamente tendrá un impacto en el rendimiento y calidad del producto. Estudios con diferentes especies vegetales muestran resultados controversiales (Robinson *et al.*, 1988; Mjwara *et al.*, 1996; Centritto, 1997).

En el género *Prunus*, en condiciones controladas, DeJong (1983) determinó la tasa de asimilación de CO_2 entre especies, donde *Prunus persica* alcanzó la saturación por luz a los $700 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ de la densidad de flujo de fotones fotosintéticos (radiación fotosintéticamente activa). Sin embargo, las posibles diferencias en la tasa de asimilación de CO_2 entre cultivares de una misma especie en condiciones de campo han sido poco evaluadas. También existe poca información con relación a la capacidad fotosintética entre cultivares con hoja roja o verde, aun cuando Marini (1986) indicó que la actividad fotosintética es similar entre cultivares de hoja verde y roja.

El objetivo del presente estudio fue determinar la relación del potencial de rendimiento y la asimilación de CO_2 entre tres genotipos de *Prunus persica* bajo condiciones de campo.

MATERIALES Y METODOS

Sitio experimental

El trabajo se estableció en la huerta experimental San Martín, ubicada en Chapingo, México ($19^\circ 29' \text{LN}$ y $98^\circ 53' \text{LO}$). La altitud del sitio es de 2,250 m snm y tiene una precipitación pluvial media anual de 680 mm. La temperatura media anual es de 15°C . En promedio se acumulan 650 horas frío desde noviembre hasta febrero.

Material genético

El estudio se llevó a cabo en dos cultivares de durazno (TropicBeauty y Oro-A) y uno de

nectarino de hojas rojas (SunHome) de aproximadamente dos años de edad; éstos fueron seleccionados al azar del Programa de Mejoramiento Genético de Frutales del Colegio de Postgraduados. Los árboles fueron injertados sobre durazno 'Lovell' y colocados en cubetas de plástico que contenían 20 kg de substrato compuesto por una mezcla de arena y materia orgánica en una proporción de 1:1. Las cubetas fueron regadas y fertilizadas (10N-10P-10K) como fue requerido. Antes de hacer las mediciones, los árboles fueron mantenidos por tres semanas bajo condiciones de campo.

Registro de datos

Se hicieron mediciones de tipo fisiológico y ambiental. Para las primeras se marcaron dos brotes por árbol. En cada brote se marcó la sexta hoja acropetal (una hoja por brote por árbol); después, se marcó y midió el área central de cada hoja en la que se hicieron las determinaciones. Los datos se obtuvieron el 19 de agosto de 1990 de las 7:55 a las 15:53 horas. Las determinaciones se hicieron cada 45 minutos, aproximadamente. Estas fueron obtenidas a través de un sistema portátil para medir el intercambio gaseoso (LI-COR 6200). Las variables registradas fueron la asimilación de CO_2 (A , $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), transpiración (E , $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), conductancia estomática (g_s , $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$) y temperatura de la hoja (T_h , $^\circ\text{C}$); de éstas se derivaron la eficiencia en el uso del agua (EUA , A/E), y el déficit de presión de vapor de la hoja (DPV_h , kPa); simultáneamente, con un sensor integrado al sistema portátil se midió la densidad de flujo de fotones fotosintéticos ($DFFF$, $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Como variable del potencial de rendimiento se midió la densidad de yemas, basada en el número de éstas por longitud de brote (Y/lb) de cuatro crecimientos laterales por árbol; este último dato fue obtenido al final de la estación de crecimiento. Las variables ambientales fueron: el déficit de presión de vapor del aire (DPV_a , kPa), y la diferencia del déficit de presión de vapor entre la hoja y el aire (DPV_h-a , kPa); mismas que fueron derivadas de la temperatura y humedad del aire, y que fueron monitoreadas a través de sondas conectadas a una estación micrometeorológica portátil (Omnidata International Modelo 8110, 64) con integración de lecturas cada cinco minutos. Antes de iniciar el registro de las

lecturas, los árboles fueron regados a capacidad de campo.

Diseño experimental y análisis de los datos

Los árboles fueron distribuidos en un diseño en bloques al azar con tres repeticiones, utilizando un árbol como unidad experimental. Las variables fisiológicas fueron analizadas a través de la técnica multivariada por componentes principales; esta técnica estudia la dispersión o variabilidad presente en las variables originales; a partir de éstas, se generan otras variables, llamadas componentes principales (Marriot, 1974). Para determinar el comportamiento y las diferencias de la asimilación de CO₂ entre genotipos, se utilizó un modelo de regresión linealizado con variables de engaño (Draper y Smith, 1966), cuya ecuación general es:

$$\text{Ln}Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 (X_1 V_1) + \beta_3 (X_1 V_2) + \epsilon_i$$

donde Y es cualquier variable fisiológica (i.e., la asimilación de CO₂); Ln es el logaritmo natural; β_0 , β_1 , β_2 y β_3 son los coeficientes de regresión; X es la DFFF o DPVa; ϵ es el error experimental; V₁ y V₂ son un juego de variables para identificar a los cultivares de acuerdo con la siguiente estructura:

V ₁	V ₂	Cultivar
(0	0)	SunHome
(1	0)	Oro-A
(0	1)	TropicBeauty

El modelo asume que las tres rectas son paralelas, y que éstas tienen una ordenada al origen común. Después se regresó a los datos originales para ajustar cada una de las curvas a modelos cuadráticos con intervalos de confianza con P = 0.05 (Draper y Smith, 1966). Todos los análisis fueron llevados a cabo en el sistema de análisis estadístico (SAS, 1982).

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis estadístico multivariado indicó que el primer componente (CP I) representó el 66% de la varianza total y un 34% el segundo (CP II); en ambos casos, el valor raíz fue mayor que uno, lo cual significa que ambos componentes tienen interpretación biológica relevante (Cuadro 1).

Cuadro 1. Vectores raíz y correlación simple (R) entre ocho variables fisiológicas medidas en tres cultivares de *Prunus persica* y los dos primeros componentes principales (CP).

Variable	CP I		CP II	
	Vector Raíz	R	Vector Raíz	R
DPVh	-0,40	-0,91	-0,25	-
Th	-0,41	-0,94	0,20	-
A	0,32	0,72	0,42	0,69
Gs	0,43	0,99	0,05	-
E	0,43	0,98	0,11	-
EUA	-0,09	-	0,59	0,98
DPVh-a	-0,41	-0,95	0,19	-
Y/lb	0,15	-	-0,57	-0,94
Valor raíz	5,26		2,74	
Varianza%	66,00		34,00	

De acuerdo con los valores de los vectores raíz de cada una de las variables, la transpiración (E), la conductancia estomática (gs) y la asimilación de CO₂ (A) fueron las variables de mayor peso dentro del CP I; de hecho, éstas están correlacionadas positiva y negativamente con el resto de las variables, según Flore y Lakso (1989); por lo anterior, este componente fue interpretado como "fotosíntesis".

De acuerdo al vector raíz, en el CP II, el potencial del rendimiento (Y/lb), la asimilación de CO₂ y la eficiencia en el uso del agua (EUA) fueron las variables de mayor peso; sin embargo, la primera variable se correlacionó negativamente con A y EUA; a su vez, éstas últimas se correlacionaron positivamente entre sí (Cuadro 1). Como A y EUA fueron consideradas en el CP I; el CP II fue interpretado como "potencial de rendimiento".

En la Figura 1 se observa que el cultivar 'TropicBeauty' mostró una baja capacidad fotosintética, pero presentó un alto potencial de rendimiento (1.16 yemas/cm) comparada con 'SunHome' (0.92 yemas/cm); mientras que el cultivar 'Oro-A' mostró mayor capacidad de fotosíntesis, pero un potencial de rendimiento medio (1.11 yemas/cm) con relación a los otros. Sin embargo, al relacionar A y E en términos de eficiencia en el uso del agua (EUA) en función de la densidad de flujo de fotones fotosintéticos, se encontró que 'SunHome' presentó, en promedio, la mayor EUA, seguido de 'Oro-A' y 'TropicBeauty' (0.65, 0.55 y 0.48 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ de CO₂/ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ de H₂O, respectivamente).

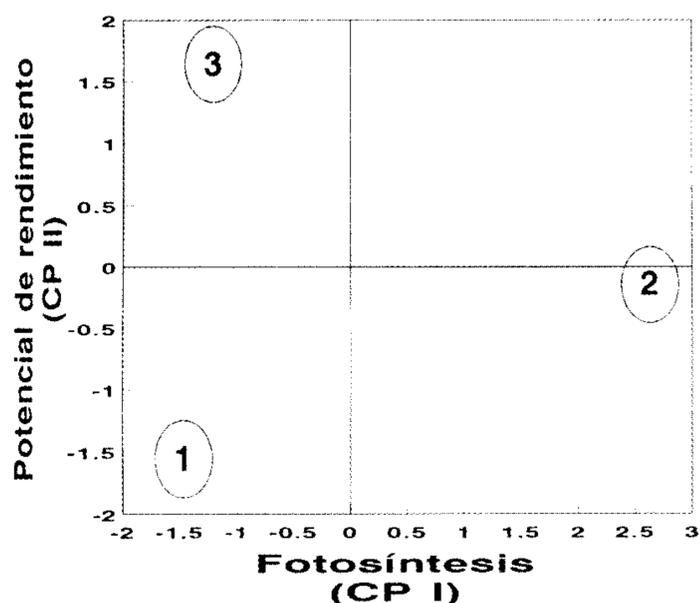


Figura 1. Distribución bidimensional de tres cultivares de *Prunus persica* por componentes principales. 'SunHome' (1), 'Oro-A' (2) y 'TropicBeauty' (3).

La diferencia entre genotipos es función directa de su carga genética; de ella depende una mayor o menor habilidad para producir materia seca y distribuirla en los diferentes órganos (Heins *et al.*, 1984; Giovannini *et al.*, 1994). No obstante que los cultivares incluidos en este estudio fueron liberados con la característica de bajo requerimiento de frío (Sherman *et al.*, 1984; Rodríguez y Sherman, 1990); al igual que en otras especies vegetales (Gosiewski *et al.*, 1982; Nilwik *et al.*, 1982; Hancock *et al.*, 1989a), fue posible detectar diferencias entre genotipos utilizando el criterio de **A** y **Y/Ib**, pero los resultados que ahora se presentan no están de acuerdo con los de Hancock *et al.* (1989a y 1989b), ya que al menos en estos cultivares, **A** estuvo inversamente relacionada con **Y/Ib**. En consecuencia, los datos sugieren que una alta capacidad fotosintética no necesariamente corresponde a una mayor densidad de yemas o potencial de rendimiento, y viceversa (Heins *et al.*, 1984). Entonces, se puede indicar que **A** en árboles jóvenes no puede ser un criterio de selección para la formación de nuevos cultivares con alto potencial de rendimiento, no obstante que la densidad de yemas es un componente importante del potencial de rendimiento en esta especie (Pérez-González, 1992). Tal vez en un estudio que involucre una mayor diversidad genética puedan detectarse otras relaciones entre variables distintas a las observadas en el presente trabajo, y puedan utilizarse como criterio de selec-

ción de cultivares productivos, ya que los datos sugieren que **A** no es un buen criterio para ello.

Al relacionar la asimilación de CO_2 (**A**) de los tres cultivares con la densidad de flujo de fotones fotosintéticos (**DFFF**), el análisis de la varianza detectó diferencias significativas ($P \leq 0.0001$) entre cultivares (Cuadro 2). En la Figura 2A se observa que 'TropicBeauty' presentó una tasa de asimilación significativamente menor que 'SunHome' y 'Oro-A'; estos últimos fueron estadísticamente iguales. La máxima tasa de **A** para 'TropicBeauty', 'SunHome' y 'Oro-A' fue de 5.62, 7.52 y 9.94 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ de CO_2 , respectivamente. Flore y Lakso (1989) indican que la tasa promedio de **A** para durazno es de $13 \pm 3.8 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ de CO_2 , por lo tanto los valores promedio obtenidos en esta investigación son bajos. Trabajos recientes indican que la capacidad fotosintética puede aumentar en promedio un 10% cuando los árboles entran en la etapa productiva, especialmente durante el desarrollo del fruto (Derkacz *et al.*, 1995). En contraste, la máxima saturación por luz para 'TropicBeauty', 'SunHome' y 'Oro-A' fue alcanzada a los 1,090, 1,200 y 1,270 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ de la **DFFF**, respectivamente. Este último resultado no coincidió con lo establecido por DeJong (1983), lo cual pudo

Cuadro 2. Resultado del análisis de varianza utilizando la densidad de flujo de fotones fotosintéticos (**DFFF**) y el déficit de presión de vapor del aire (**DPVa**) como variables independientes, y el logaritmo natural de la tasa de asimilación de CO_2 como variable dependiente de tres cultivares de *Prunus persica*. V_1 y V_2 son las variables de engaño 1 y 2.

Fuente de variación	gl	cuadrado medio	Significación (nivel de probabilidad)
Modelo	3	5,72	0,0001
DFFF	1	2,92	0,0001
V_1 *DFFF	1	0,37	0,0709
V_2 *DFFF	1	1,22	0,0015
Error	69	0,11	
Coefficiente de variación (%)		18,97	
R^2		0,43	
Modelo	3	4,93	0,0001
DPVa	1	2,39	0,0001
V_1 *DPVa	1	0,10	0,3052
V_2 *DPVa	1	1,05	0,0016
Error	51	0,09	
Coefficiente de variación (%)		18,43	
R^2		0,51	

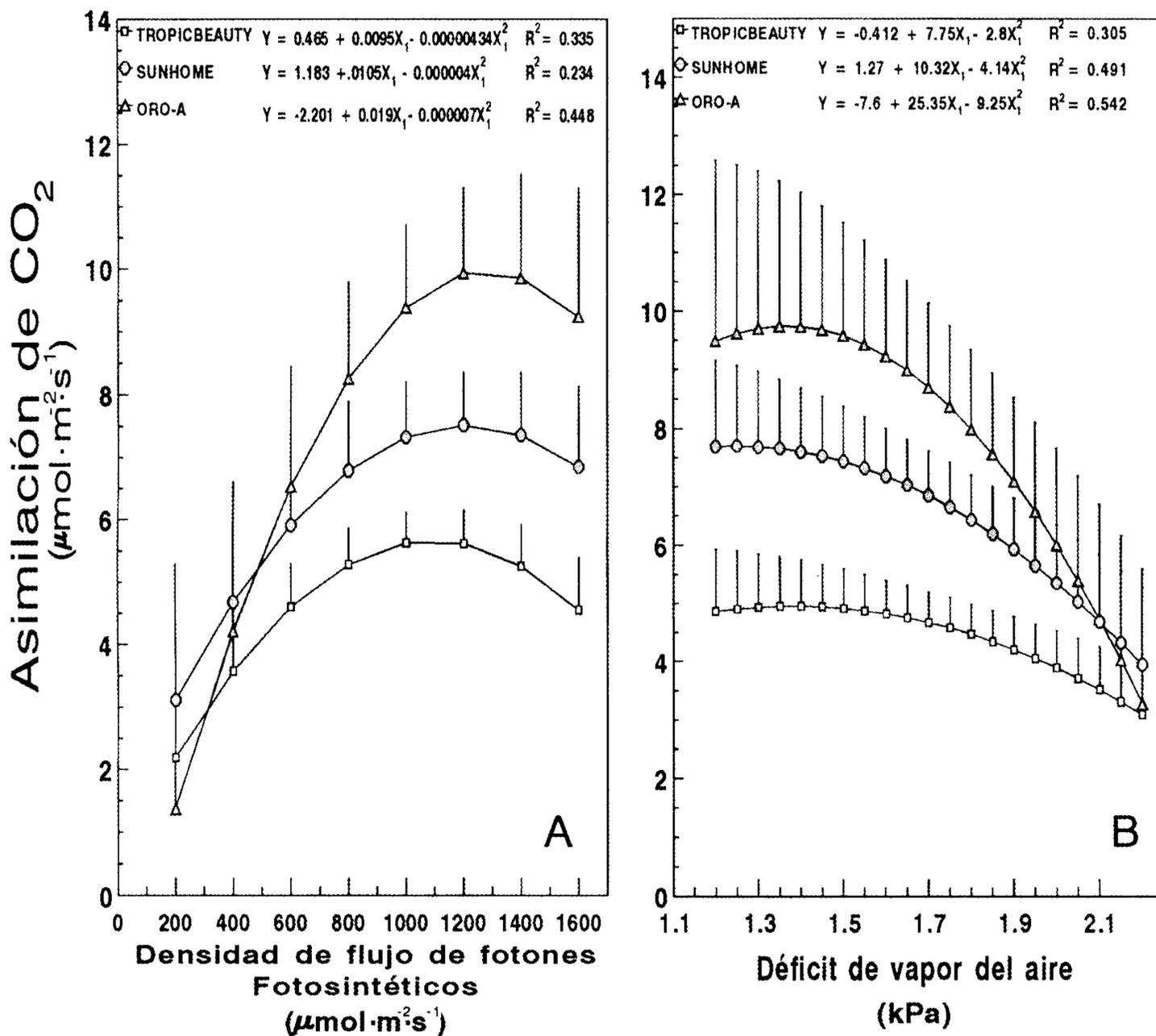


Figura 2. Asimilación de CO₂ de tres cultivares de *Prunus persica* en función de la densidad de flujo de fotones fotosintéticos (A) y del déficit de presión de vapor del aire (B). Las barras verticales son los intervalos de confianza con P = 0.05.

deberse a la oscilación diurna de la temperatura del aire y de la hoja que se presentan bajo condiciones de campo, mismas que fueron simuladas por Tan y Buttery (1986). Marini (1986) no encontró diferencias significativas en la tasa de asimilación de CO₂ entre cultivares de *Prunus persica* con hojas rojas o verdes, sin embargo, los datos del presente estudio indican lo contrario, seguramente porque la carga genética del material utilizado y las condiciones en que se condujo el trabajo permitieron detectarlas.

También se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.0001$) entre genotipos, cuando la asimilación de CO₂ fue relacionada con el déficit de presión de vapor del aire (DPVa). Aun cuando el suelo en el que se desarrollaron las plantas estuvo a capacidad de campo, la de-

manda evaporativa ambiental ejerció una influencia negativa directa en la asimilación de CO₂ en los cultivares estudiados (Figura 2B); es decir, a mayor D_PV_a, A disminuyó proporcionalmente. La reducción de A se debe al cierre estomático (g_s), estimulado por el aumento de la temperatura del aire, como consecuencia del incremento de la radiación solar, según fue consignado por Tan y Buttery (1986) y Rumayor y Zegbe (1993).

CONCLUSIONES

Se observaron diferencias significativas en la asimilación de CO₂ entre cultivares (Oro-A > SunHome > TropicBeauty). El nectarino

'SunHome' tuvo una asimilación de CO₂ intermedia entre Oro-A y TropicBeauty. Los datos de la presente investigación indicaron una relación inversa entre la tasa de asimilación CO₂ y la densidad de yemas florales (potencial de rendimiento) en los cultivares estudiados.

Los factores externos, tales como la densidad de flujo de fotones fotosintéticos y el déficit de vapor del aire, también influyeron de manera diferencial entre cultivares, y de aquellos resultados encontrados en condiciones controladas.

El cultivar 'SunHome', que fue eficiente en el uso del agua, puede ser importante en regiones donde el duraznero es cultivado bajo secano; esto también sugiere la selección, en esas áreas, de genotipos con alta eficiencia en el uso del agua.

BIBLIOGRAFIA

1. CENTRITTO, M. 1997. Comparative growth and water use efficiency in elevated CO₂ environments. *Acta Horticulturae* 449:481-488.
2. DeJONG, T. 1983. CO₂ assimilation characteristics of five *Prunus* tree fruit species. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108:303-307.
3. DERKACZ, M.; C. CHONG and J. PROCUTOR. 1995. Effect of fruiting on net CO₂ assimilation rates of peach and nectarine trees. *HortScience* 30:779 (abstr.).
4. DRAPER, N.R. and H. SMITH. 1966. Applied regression analysis. John Wiley & Sons, Inc. pp: 134-150.
5. FLORE, J.A. and A.N. LAKSO. 1989. Environmental and physiological regulation of photosynthesis in fruit crops. *Hort. Rev.* Vol. II. pp: 111-157.
6. GIOVANNINI, D.; D.M. GLENN, R. SCORZA and W.V. WELKER. 1994. Dry matter distribution of three peach growth types. *Hort Science* 29:1481-1483.
7. GOSIEWSKI, W.; H.J.M. NILWIK and J.F. BIERHVIZEN. 1982. The influence of temperature on photosynthesis of different tomato genotypes. *Scientia Hort.* 16:109-119.
8. HANCOCK, J.F.; J.A. FLORE and G.J. GALLETTA. 1989a. Variation in photosynthetic rates and yield in strawberries. *J. Hort. Sci.* 64:449-454.
9. HANCOCK, J.F.; J.A. FLORE and G.J. GALLETTA. 1989b. Gas exchange properties of strawberry species and their hybrids. *Scientia Hort.* 40:139-144.
10. HEINS, R.D.; M.G. KARLSSON, J.E. ERWIN, M.K. HAUSBECK and S.H. MILLER. 1984. Interaction of CO₂ and environmental factors on crop response. *Acta Horticulturae* 162:21-28.
11. MARINI, R.P. 1986. Do net gas exchange rates of green and red peach leaves differ? *HortScience* 21:118-120.
12. MARRIOT, F.M.C. 1974. The interpretation of multiple observations. Academic Press. New York, U.S.A. pp. 18-25.
13. MJWARA, J.M.; C.E. BOTHA and S.E. RADLOFF. 1996. Photosynthesis, growth and nutrient changes in non-nodulated *Phaseolus vulgaris* grown under atmospheric and elevated carbon dioxide conditions. *Physiol. Plant.* 97:754-763.
14. NILWIK, H.J.M.; W. GOSIEWSKI and J.F. BIERHVIZEN. 1982. The influence of irradiance and external CO₂ concentration of photosynthesis of different tomato genotypes. *Scientia Hort.* 16:117-123.
15. PEREZ-GONZALEZ, S. 1992. Análisis de componentes de rendimiento en duraznero. *Avances (Organo Informativo de la Universidad Autónoma de Querétaro, México)* 12:8-15.
16. ROBINSON, S.P.; W.J.R. GRANT and B.R. LOVEYS. 1988. Stomatal limitation of photosynthesis in abscisic acid-treated and in water-stressed leaves measured at elevated CO₂. *Aust. J. Plant Physiol.* 15:495-503.
17. RODRIGUEZ, J. and W.B. SHERMAN. 1990. 'Oro-A' peach germplasm. *HortScience* 25:128.
18. RUMAYOR-RODRIGUEZ, A. and J. ZEGBEDOMINGUEZ. 1993. Differences among seedling peach clones in stomatal response under greenhouse conditions. *Acta Horticulturae* 335: 271-276.
19. SAS. 1982. User's guide. SAS Institute, Inc. Box 8000, Cary, North Carolina 27511. U.S.A
20. SHERMAN, W.B.; J. RODRIGUEZ and E.P. MILLER. 1984. Progress in low-chill peaches and nectarines from Florida. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 97:320-322.
21. TAN, C.S. and B.R. BUTTERY. 1986. Photosynthesis, stomatal conductance and leaf water potential in response to temperature and light in peach. *HortScience* 21:1180-182.