

# **Efecto de la temperatura sobre la respiración de los órganos reproductivos y vegetativos del limón**

\*M.F. Espinosa<sup>1</sup>, D.J. Iglesias<sup>1</sup>, E. Primo-Millo<sup>1</sup>, Fca. Hernández<sup>2</sup> y A. Amorós<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Citricultura y Producción Vegetal, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Ctra. Moncada-Náquera km. 4,5, 46113, Moncada (Valencia)

<sup>2</sup>Universidad Politécnica Superior de Orihuela, Ctra. de Beniel km. 3,2, 03312, Orihuela (Alicante)

\*e-mail: Fuensanta.espinosa@gmail.com

**Palabras clave:** CO<sub>2</sub>, flor, fruto, hoja, corteza, raíz

## **RESUMEN**

**Se recogieron muestras de flores y frutos de limón y se clasificaron según su estado fenológico. También se recogieron muestras de hoja, corteza y raíz siendo clasificados en distintos estados según su etapa de crecimiento. La respiración de las muestras se midió cuantificando el CO<sub>2</sub> desprendido mediante cromatografía de gases. Con el fin de cubrir las distintas condiciones térmicas típicas de la zona, el ensayo se realizó a 15, 25 y 35°C. Los resultados mostraron que el primer estado de las flores, botón floral, fue el que manifestó los mayores valores de respiración. Con respecto a los frutos, se hizo visible una reducción de la respiración al verse incrementado el estado de maduración de estos. En cuanto a los órganos vegetativos, los mayores valores de respiración se observaron en las hojas de los brotes nuevos, seguido de la corteza y por último de las raíces. Tanto en los órganos reproductivos como en los vegetativos se observó un incremento significativo de la respiración al aumentar la temperatura.**

## **INTRODUCCIÓN**

El desarrollo de estrategias de captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> a través de especies vegetales de interés agronómico está demostrando que puede constituir una línea estratégica para combatir los efectos adversos del cambio climático, reduciendo a su vez la emisión de este gas a la atmósfera (Moureaux et al., 2008; Iglesias et al., 2013). Los cultivos leñosos de hoja perenne, como es el caso de los cítricos, pueden contribuir a capturar y almacenar el CO<sub>2</sub>, ayudando a combatir estos efectos adversos (Iglesias et al., 2013). A través de la fotosíntesis los cítricos contribuyen a reducir el aporte de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y con la respiración a incrementarlo. Existen numerosos factores que pueden afectar a las tasas respiratorias de las plantas, así como a sus órganos. Entre otros, están las especies y hábitat de crecimiento, el tipo y edad del órgano en concreto y las variaciones ambientales tales como la concentración externa de oxígeno, la temperatura, los nutrientes y el aporte de agua (Taiz y Zeiger, 2007). El objetivo de este trabajo ha consistido en determinar el efecto que produce la temperatura sobre la respiración de los distintos órganos de las plantas de limón.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

El estudio ha sido realizado en el año 2014 en una parcela experimental de árboles adultos de limón 'Fino' (*Citrus limon* (L.)) situada en la Escuela Politécnica Superior de Orihuela (UMH) (Alicante). La superficie de la parcela es de 10000 m<sup>2</sup>, con un marco de plantación de 4x5 m y el tipo de riego por goteo. Se recogieron muestras de flores y

frutos, clasificándolos según su estado fenológico (Agustí, 2003). Las flores se clasificaron en cuatro estados, que corresponden a los estados fenológicos 57, 64, 67 y 71 (Agustí, 2003); mientras que los frutos se clasificaron en seis grupos distintos, correspondientes a los estados fenológicos 72, 73, 74, 79, 81 y 89 (Agustí, 2003). También se recogieron muestras de hojas, corteza y raíz, clasificándolas según su etapa de crecimiento. Las hojas fueron clasificadas en tres estados, según formaran parte de: (i) brotes nuevos, (ii) de ramas anuales, y (iii) de ramas del año anterior. Con respecto a la corteza, la clasificación fue similar para los estados 1 y 2, y en el estado 3 la muestra fue tomada del tronco. Para el análisis de la parte radicular se tomaron las raíces finas localizadas entre los 0-10 cm de profundidad. Con el fin de cubrir las distintas condiciones térmicas típicas de la zona, y estudiar el efecto que la temperatura tiene sobre la respiración, el ensayo se realizó a 15°, 25° y 35°C. Para ello, las muestras recogidas fueron aclimatadas e introducidas en recipientes de cristal cerrados herméticamente durante una hora, y todo el proceso fue realizado en oscuridad. La respiración se midió cuantificando el CO<sub>2</sub> desprendido mediante un cromatógrafo de gases marca Shimadzu modelo GL 14A, provisto de un detector de conductividad térmica (TCD), y de una columna Porapak, Q5 80/100 de 120 cm x 1/8" de T<sup>a</sup> máxima 250°C. Las condiciones de trabajo fueron las siguientes: T<sup>a</sup> del horno 50°C, T<sup>a</sup> del inyector 115°C y T<sup>a</sup> del detector 150°C.

Para el análisis de los datos se ha utilizado el programa estadístico Statgraphics Centurión XVI, realizando distintos análisis de varianza ANOVA simple o multifactorial según la interacción de los factores.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se puede observar como el primer estado de las flores, botón floral, fue el que manifestó los mayores valores de respiración, con un valor muy cercano a 1100 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, disminuyendo este parámetro aproximadamente a la mitad en los estados 3 y 4, los cuales no mostraron diferencias significativas entre sí. Esta alta actividad respiratoria obtenida en los botones florales coincide con trabajos de otros autores que demuestran que el botón floral tiene tasas de respiración distintas que las flores plenamente abiertas (Fischer, 1997). Esto es debido a que los órganos jóvenes, en pleno crecimiento, tienen una alta demanda de esqueletos carbonados para crear las nuevas estructuras vegetales, al reciclaje del poder reductor metabolizado durante su biosíntesis y a la alta demanda energética para sostener la tasa de crecimiento vegetativo (Ribas-Carbó y González-Meler, 2000). Se considera que el ápice o primordio floral puede llegar a respirar casi todo el carbono que recibe de la planta, como es el caso del trigo (Ribas-Carbó y González-Meler, 2000).

Con respecto a los frutos, se observó una reducción de este parámetro al incrementar el estado de maduración de éstos, comportamiento típico de los frutos no climatéricos (Pretel et al., 1995). No se encontraron diferencias significativas entre los dos últimos estados de maduración, con valores que oscilaron entre los 37 y 10 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, valores que están de acuerdo con resultados obtenidos por otros autores (Todd et al., 1961). Esto es debido a que la respiración de frutos jóvenes, durante la fase de crecimiento es alta, aunque disminuye rápidamente antes del proceso de maduración (Ribas-Carbó y González-Meler, 2000). En el caso de los frutos no climatéricos, como es el caso de los cítricos, no se observa un aumento respiratorio durante la maduración ((Pretel et al., 1995). Por tanto, se podría añadir que una vez el fruto entra en el período de maduración o fase III del desarrollo (Agustí, 2003), la aportación de CO<sub>2</sub> al ambiente

es apenas perceptible. Los frutos poseen una forma más o menos redonda y compacta, al contrario que las flores que poseen una alta relación entre superficie y volumen, lo que ocasiona que transpiren más (Fischer, 1997).

En cuanto a los órganos vegetativos (Tabla 1), los mayores valores de respiración se observaron en las hojas de los brotes nuevos, con un valor muy aproximado a  $1000 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , seguido por la corteza con  $730 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  y por último las raíces, viéndose reducido este parámetro casi en diez veces con respecto a las hojas de los brotes nuevos. Estos datos están de acuerdo con Ribas-Carbó y González-Meler (2000) quienes especifican que en tejidos meristemáticos foliares, la respiración puede llegar a consumir hasta un 10% de su biomasa seca durante el periodo nocturno. La tasa respiratoria por unidad de biomasa de las hojas que se forman a partir del meristemo, se reduce hasta llegar a un valor constante una vez que la hoja ha llegado a su estado de maduración completa. Durante su desarrollo la respiración foliar puede disminuir en más de un 60%. En este estadio de máximo desarrollo de la hoja, los procesos respiratorios consumen menos del 15% de su peso seco durante la noche. La tasa de respiración de las raíces depende de la actividad fotosintética de la planta. Cuanta más alta es la tasa de fotosíntesis, mayor es el aporte de carbohidratos a las partes subterráneas de la planta. De esta manera, la disponibilidad de sustrato es el principal determinante para la respiración de las raíces (Ribas-Carbó y González-Meler, 2000). Tanto en los órganos reproductivos como en los vegetativos se observó un incremento significativo de la respiración al aumentar la temperatura (Tablas 2 y 3), llegándose a cuadruplicar en ciertas ocasiones este parámetro al pasar de  $15^\circ\text{C}$  a  $35^\circ\text{C}$ , lo que está de acuerdo con Fischer (1997), quien encuentra que la tasa de degradación de las sustancias respiratorias aproximadamente se duplica cuando la temperatura aumenta en  $10^\circ\text{C}$ .

## REFERENCIAS

- Agustí, M. 2003. Citricultura. Segunda Edición. Mundi-Prensa. Madrid.
- Fischer, G. 1997. Efectos fisiológicos del frío en las flores. *Acopaflor* 4(6): 19-32.
- Iglesias, D.J., Quiñones, A., Font, A., Martínez-Alcántara, B., Forner-Giner, M.A., Legaz, F. and Primo-Millo, E. 2013. Carbon balance of citrus plantations in Eastern Spain. *Agric. Ecosyst. Environ.* 171: 103–111.
- Moureaux, C., Bodson, B. and Aubinet, M. 2008.  $\text{CO}_2$  flux measurement and carbon balance of agricultural crops. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 12: 303–315.
- Pretel, M.T., Serrano, M., Amorós, A., Riquelme, R. and Romojaro, F. 1995. Non-involvement of ACC and ACC oxidase activity in pepper fruit ripening. *Postharvest Biology and Technology.* 5: 295-302.
- Ribas-Carbó, M. y González-Meler, M.A. 2000. Fisiología de la respiración de las plantas. p. 217-233. En: J. Azcón-Bieto y M. Talón (eds.), *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. McGraw-Hill Interamericana. Madrid.
- Taiz L. y Zeiger E. 2007. *Fisiología vegetal*. Universitat Jaume I. Vol. 1. Castelló de la Plana.
- Todd, G.W., Bean, R.C. and Propst, B. 1961. Photosynthesis and respiration in developing fruits. II. Comparative rates at various stages of development. *Plant Physiology.* 36: 69-73.

Tabla 1. Respiración de frutos, flores, hojas y corteza de limón

mg CO <sub>2</sub> * kg <sup>-1</sup> *h <sup>-1</sup>							
Órganos reproductivos				Órganos vegetativos			
Tratam.	Flores	Tratam.	Frutos	Tratam.	Hojas	Corteza	Raíz
<b>Estado</b>		<b>Estado</b>		<b>Estado</b>			
1 <sup>(57)</sup>	1093,30 a	1 <sup>(72)</sup>	278,20 ab	1	991,03 a	729,57 a	-
2 <sup>(64)</sup>	812,69 b	2 <sup>(73)</sup>	319,15 a	2	543,62 b	323,20 b	-
3 <sup>(67)</sup>	511,35 c	3 <sup>(74)</sup>	232,57 b	3	453,38 b	232,11 c	-
4 <sup>(71)</sup>	577,27 c	4 <sup>(79)</sup>	150,33 c				
		5 <sup>(81)</sup>	37,19 d				
		6 <sup>(89)</sup>	10,74 d				
F-Test	***	F-Test	***	F-Test	***	***	
<b>T<sup>as</sup></b>		<b>T<sup>as</sup></b>		<b>T<sup>as</sup></b>			
15°C	195,37 c	15	73,47 c	15	250,57 c	155,26 c	31,66 c
25°C	652,19 b	25	181,45 b	25	584,81 b	392,25 b	88,64 b
35°C	1398,40 a	35	269,19 a	35	1152,67 a	737,36 a	150,44 a
F-Test	***	F-Test	***	F-Test	***	***	***
Est x T <sup>a</sup>	2,4785	Est x T <sup>a</sup>	793508	Est x T <sup>a</sup>	4,6244	4,91278	
F-Test	***	F-Test	***	F-Test	***	***	

(\*\*\*) muestra diferencias significativas al 99%, realizadas mediante el Test de Tukey HSD

Tabla 2. Respiración de los órganos reproductivos de limón, según estados y temperaturas

Estados	Flores (mg CO <sub>2</sub> * kg <sup>-1</sup> *h <sup>-1</sup> )			Estados	Frutos (mg CO <sub>2</sub> * kg <sup>-1</sup> *h <sup>-1</sup> )		
	15°C	25°C	35°C		15°C	25°C	35°C
1 <sup>(57)</sup>	377,70 a	978,20 a	2032,57 a	1 <sup>(72)</sup>	89,20 b	290,49 ab	454,90 ab
2 <sup>(64)</sup>	200,71 b	698,20 b	1527,42 b	2 <sup>(73)</sup>	131,37 a	347,44 a	478,65 a
3 <sup>(67)</sup>	142,96 b	420,72 c	970,38 c	3 <sup>(74)</sup>	122,52 a	249,85 b	325,34 bc
4 <sup>(71)</sup>	145,76 b	522,82 bc	1063,24 c	4 <sup>(79)</sup>	81,29 b	144,97 c	224,73 c
				5 <sup>(81)</sup>	7,78 c	26,97 d	76,81 d
				6 <sup>(89)</sup>	8,66 c	29,97 d	54,70 d
F-Test	***	***	***	F-Test	***	***	***

(\*\*\*) muestra diferencias significativas al 99%, realizadas mediante el Test de Tukey HSD

Tabla 3. Respiración de los órganos vegetativos de limón, según estados y temperaturas

Estados	Hojas (mg CO <sub>2</sub> * kg <sup>-1</sup> *h <sup>-1</sup> )			Corteza (mg CO <sub>2</sub> * kg <sup>-1</sup> *h <sup>-1</sup> )		
	15°C	25°C	35°C	15°C	25°C	35°C
1	424,20 a	755,49 a	1793,41 a	226,04 a	607,35 a	1355,32 a
2	155,82 b	599,38 a	875,68 b	127,28 b	347,84 b	494,48 b
3	171,68 b	399,56 b	788,92 b	112,47 b	221,56 c	362,29 b
F-Test	***	***	***	***	***	***

(\*\*\*) muestra diferencias significativas al 99%, realizadas mediante el Test de Tukey HSD