



NOTA CIENTÍFICA

Cociente fotothermal en melón y su relación con la concentración de azúcares en los frutos

Photothermal quotient in melon and its relationship with the fruits sugar concentration

Carlos Bouzo^{1,*}; Débora Lavanderos Becerra²; Gabriel Ceccoli¹; Norberto Gariglio¹

¹ Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ciencias Agrarias; Kreder 2805. Esperanza, Santa Fe, Argentina.

² EEAA INTA San Juan, Barboza S/N (5435), Villa Media Agua, San Juan, Argentina.

Recibido 24 julio 2015. Aceptado 8 septiembre 2015.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la radiación y la temperatura a través de un cociente fotothermal sobre la acumulación de azúcar en melón. Se realizaron experimentos al aire libre en tres años consecutivos, utilizándose el híbrido 'HD N°1', una variedad de tipo 'Honey Dew'. Los experimentos se realizaron en cuatro localidades de la región central de Argentina: Concordia, Esperanza, Media Agua y Colonia Fiscal. Al momento de la cosecha fueron medidos los grados Brix (SST) de los frutos. Se calculó el cociente fotothermal (CF) a través de la relación entre la radiación incidente media ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) y la temperatura media diaria ($^{\circ}\text{C}$) a la que se sustrajo la temperatura base del cultivo. La relación obtenida entre la concentración de SST (%) y el CF ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) fue lineal positiva. La pendiente de la recta permitió deducir que por cada unidad de incremento del CF representó un incremento de poco más de 4,0 % de SST. Por otra parte, este modelo lineal explica el 63 % de la variabilidad en la concentración de SST debida al efecto del CF. Finalmente, para lograr un incremento de los SST se discute la importancia de los resultados obtenidos para orientar la implantación del cultivo de manera que el desarrollo de los frutos coincida con el período de mayor valor de CF.

Palabras clave: *Cucumis melo* L.; sólidos solubles totales; radiación solar; temperatura.

Abstract

The aim of this work was to evaluate the effect of solar radiation and temperature on the sugar melon fruit using the photothermal quotient. Outdoor experiments were conducted in three successive years, using the hybrid cultivar 'HD N°1'. The experiments were conducted at four sites in the central region of Argentina: Concordia, Esperanza, Media Agua and Colonia Fiscal. At the time of harvest were measured Total Soluble Solid (TSS) of fruits. The photothermal quotient (PQ) was calculated through the relationship between the average incident radiation ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) and the average daily temperature ($^{\circ}\text{C}$) at which base temperature was subtracted. The relationship obtained between TSS (%) and the PQ ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) was lineal positive. The slope of the line allowed deduce that for every unit increase in the PQ represented an increase of just over 4.0% of TSS. Moreover, this model explains 63% of the variability in the TSS due to the effect of PQ. Finally, to increase the TSS the importance of the results is discussed, for guiding the crop establishment so that fruits development coincides with the period of greatest value PQ.

Keywords: *Cucumis melo* L.; total soluble solid; solar radiation; temperature.

1. Introducción

La calidad de los frutos de melón (*Cucumis melo* L.) está relacionada con el alto nivel de azúcares internos y el buen

sabor (Fajar-Falah *et al.*, 2014). Es así que la dulzura es una característica de la calidad que define la aceptabilidad por parte de los consumidores (Albuquerque *et*

* Autor para correspondencia
E-mail: cbouzo@arnet.com.ar (C. Bouzo).

al., 2006, Verzera *et al.*, 2014). En general todas las variedades de melones presentan un patrón similar de acumulación de azúcares, con un rápido incremento conforme el fruto alcanza su tamaño final (Villanueva *et al.*, 2004). Aunque en las hojas principalmente se sintetizan rafinosa y estaquiosa, es la sacarosa derivada de las primeras el principal azúcar acumulado en los frutos. De esta manera, el 97% de sólidos solubles totales (SST) en el fruto de melón son azúcares solubles, de los cuales el 50% es sacarosa (Zhang *et al.*, 2014). Tanto en los frutos cosechados prematuramente, como en situaciones donde el desarrollo de los mismos ocurre en condiciones de menores tasas fotosintéticas, se observó una menor acumulación de azúcares (Lingle y Dunlap, 1987), no incrementándose luego de la cosecha (El-Assi *et al.*, 2011; Fajar Falah *et al.*, 2015). El contenido de azúcares en el fruto es un rasgo multigénico afectado por el ambiente (Hartl, 2011). En melón existen importantes diferencias entre las variedades respecto a este componente de la calidad, aunque varios factores de precosecha influyen en el grado de su expresión. La radiación solar y la temperatura en particular tienen una significativa influencia sobre la acumulación de azúcares en los frutos (Beckles, 2012). No obstante, bajo condiciones normales de producción, es difícil atribuir el efecto a cada factor individualmente. En Argentina la influencia de estos factores no ha sido suficientemente estudiada, aunque las diferencias de las características físico-química y sensorial de los frutos entre las distintas regiones de producción permitirían deducir su importancia. Considerando esta hipótesis el objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la radiación y la temperatura a través de un cociente fototermal sobre la acumulación de azúcar en melón.

2. Materiales y métodos

Se realizaron experimentos al aire libre en tres temporadas sucesivas, utilizándose el

híbrido de tipo 'Honey Dew' 'HD N°1' (Takii Seeds). Para evaluar el efecto de la temperatura y la radiación solar, los experimentos se realizaron coordinadamente en diferentes localidades de la región central de Argentina: Concordia, Entre Ríos (31° 22' S; 58° 07' W); Esperanza, Santa Fe (31° 24' S, 60° 54' W); Media Agua, San Juan (31° 58' S, 68° 25' W); Colonia Fiscal, San Juan (31° 54' S, 68° 28' W). Los registros de temperatura (°C) y radiación solar (MJ m⁻² d⁻¹) en cada localidad fueron tomadas de estaciones meteorológicas automáticas de estaciones experimentales aledañas a cada uno de los experimentos. La cosecha en todas las localidades se realizó durante el mes de enero de cada año. Previo a la cosecha, fue calculado un cociente fototermal (CF) considerando 45 días a partir del establecimiento de los frutos. El CF se calculó a través del cociente entre la radiación incidente media, RS_i (MJ m⁻² d⁻¹) y la temperatura media diaria, T_i (°C) a la que se sustrajo la temperatura base del cultivo, T_b (10 °C) siendo el mismo propuesto por Nix (1976):

$$CF = \frac{\sum_{i=1}^{45} RS_i}{\sum_{i=1}^{45} (T_i - T_b)}$$

En quince frutos tomados al azar en cada experimento se procedió a medir la concentración de sólidos solubles totales SST (%) del jugo extraído de la pulpa mediante un refractómetro óptico ATAGO Master T-2312, Tokyo, Japan (exactitud ±0,2 %, rango de medición 0-32 %) con compensación automática de la temperatura. Los datos obtenidos de SST en cada localidad y año fueron correlacionados con el CF calculado desde el establecimiento de los frutos hasta su cosecha.

3. Resultados y discusión

La relación obtenida entre la concentración de SST (%) y el CF (MJ m⁻² d⁻¹ °C⁻¹) fue lineal positiva (Figura 1). La pendiente de la recta permitió deducir que por cada unidad de incremento del CF representó un incremento de poco más de 4,0 % de SST.

La ecuación de la recta ajustada a los valores representados tendría validez sólo para los rangos de CF mayores de 1,0, considerando que de otro modo la ordenada al origen de la recta no tendría validez fisiológica. De acuerdo a la medida de bondad de ajuste obtenida mediante el coeficiente de correlación, el modelo lineal explica el 63 % de la variabilidad en la concentración de SST debida al efecto del CF. Esta variabilidad explicada seguramente se incrementó en este trabajo al utilizar en todos los experimentos un mismo genotipo (Devi y Varma, 2014). Los mayores valores de CF en San Juan, obtenidos en este trabajo en los frutos cosechados en Media Agua y Colonia Fiscal se explicarían fundamentalmente por la mayor radiación solar incidente, en comparación con Esperanza y Concordia (Figura 1). Aunque en todas las localidades estudiadas se encuentran aproximadamente en una misma latitud geográfica, y por lo tanto la radiación solar estratosférica sería similar, el menor flujo de radiación

incidente se debe a las diferentes condiciones de nubosidad entre estas zonas.

El CF es con frecuencia calculado para analizar el efecto del ambiente sobre el rendimiento en cultivos extensivos (Andrade, 2012), siendo su uso absolutamente novedoso para analizar la calidad en frutos como melón. Además, este estudio introduce otra variante más con el uso del CF, ya que la relación se hizo con la acumulación de SST en melón y no con el rendimiento. El CF en melón se justifica ya que indica la cantidad de radiación solar incidente por unidad de tiempo térmico y estima por lo tanto, la radiación total disponible para el cultivo, aunque tal como fue calculado aquí, sólo limitado a la fase de desarrollo de los frutos. La radiación solar tiene un profundo efecto sobre la concentración de azúcares. Por ejemplo en tomate esta concentración aumento de 18 a 28 mg L⁻¹, cuando las condiciones de radiación se incrementaron de 50 a 170 J m⁻² s⁻¹ (Davies y Hobson, 1981).

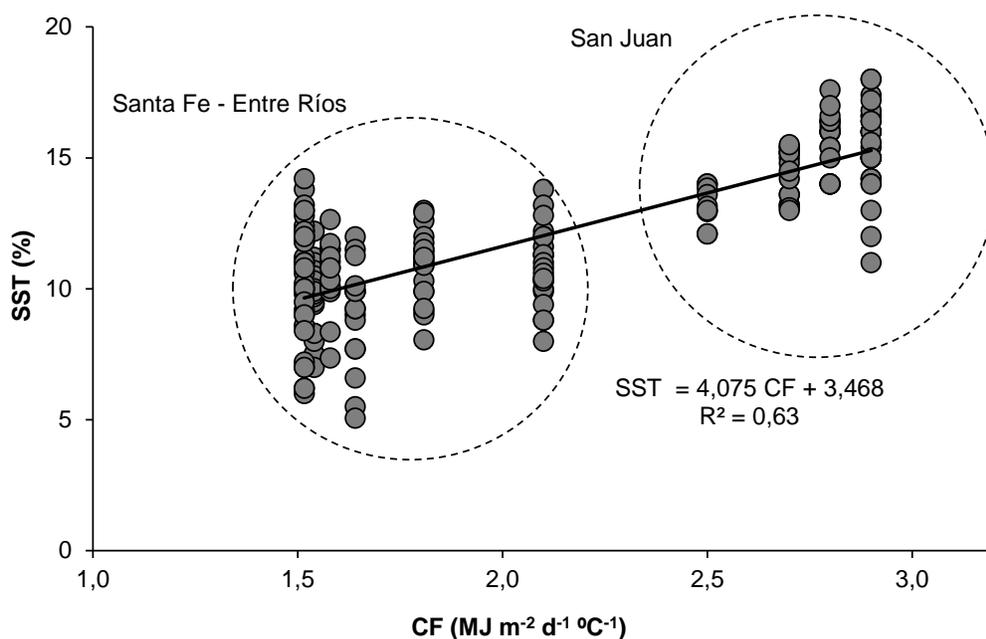


Figura 1. Relación obtenida entre el Cociente Fototermal calculado (CF) y la concentración de Sólidos Solubles Totales (SST) en melón 'HD N° 1' durante los años 2012, 2013 y 2014 en las localidades de Esperanza (Santa Fe), Concordia (Entre Ríos), Media Agua y Colonia Fiscal (San Juan).

Por otra parte, la temperatura gobierna la duración del desarrollo del fruto a través de las sumas térmicas (Valantin-Morison *et al.*, 2006), por lo tanto esta fase puede acortarse sensiblemente cuanto se incrementan las temperaturas medias diarias. Al respecto en otro trabajo hemos podido estudiar su efecto a una escala diaria mediante el uso de un dendrómetro automático (Freyre *et al.*, 2007). De esta manera, otra interpretación favorable del CF propuesto por Nix (1976) a través de su uso en melón, es que permite relacionar el efecto positivo de la radiación sobre la producción de fotoasimilados, con el negativo de la temperatura a través del acortamiento de la fase de maduración del fruto. No obstante, una debilidad de este cálculo es que la radiación solar efectiva sería la interceptada por el cultivo (Valantin-Morison *et al.*, 2006) y no la radiación total incidente, como se utilizó aquí. Además, el modelo tradicional de estimar el efecto de la temperatura, a través de la sustracción de una temperatura base a la media diaria, puede simplificar en exceso el fenómeno cuando las temperaturas medias son muy bajas o altas. De esta manera, en estos casos, un modelo más realista es el que considera además de la temperatura base, las temperaturas óptimas y extremas mínimas y máxima (Bouzo y Küchen, 2012). No obstante, para los meses en que ocurrió la maduración de los frutos en los cultivos al aire libre, no se pudo determinar un mejor ajuste de los datos mediante el cálculo del CF modificado en su denominador por la utilización de un modelo térmico que

considere las temperaturas óptimas y cardinales (datos no presentados).

Considerando la importancia de incrementar los SST en melón y la calidad organoléptica del producto (Mattheis y Fellman, 1999), es que el período de maduración a campo debiera coincidir en cada región con los mayores valores de CF, tal como se demostró mediante la relación lineal obtenida (Figura 1). De esta manera, este criterio permitiría orientar decisiones de manejo e implantación del cultivo orientada a la previsión de los valores de CF durante la fase de desarrollo de los frutos. Por ejemplo, del análisis de los datos promedios climáticos de los últimos cinco años, en las localidades de Media Agua y Esperanza, se puede observar que los mayores valores de CF en ambos casos se obtendrían si el desarrollo de los frutos ocurriera entre el 1 de noviembre y el 15 de diciembre, fecha ésta en que teóricamente debieran ser cosechados (Tabla 1). No obstante, lograr esta precocidad de cosecha está condicionado severamente por los riesgos de heladas tardías durante la implantación más temprana del cultivo.

Aun realizando estas consideraciones, el CF en Media Agua es prácticamente una unidad mayor que en Esperanza. A partir de este período, el CF disminuye en ambas localidades, siendo mayor esta disminución en Media Agua, ya que teóricamente los frutos que se desarrollen en el período comprendido entre el 15 de diciembre y 31 de enero tendrían una pérdida de 15 % del CF respecto al primer período comentado (Tabla 1).

Tabla 1

Valores calculados de CF para las localidades de Media Agua y Esperanza obtenidos de datos climáticos promedios normales para cuatro períodos hipotéticos de desarrollo de los frutos de melón

Período	CF Media Agua (MJ m ⁻² d ⁻¹ °C ⁻¹)	Variación (%)	CF Esperanza (MJ m ⁻² d ⁻¹ °C ⁻¹)	Variación (%)
1/11 – 15/12	2,82 ± 0,09	0,0	1,78 ± 0,10	0,0
15/12 – 31/12	2,68 ± 0,11	-5,2	1,74 ± 0,08	-2,30
30/11 – 15/1	2,44 ± 0,04	-13,4	1,71 ± 0,08	-3,79
15/12 – 31/1	2,39 ± 0,01	-15,3	1,62 ± 0,01	-8,68

Estos resultados permiten explicar en gran medida la categorización de los melones producidos en San Juan con los valores más altos de sólidos solubles totales del país, de acuerdo a los estudios realizados por el Instituto de Investigaciones Tecnológicas (Turcato, 2014). Aunque se trata de un trabajo preliminar acerca del uso de CF en melón en Argentina, la metodología puede ser perfectamente aplicable a otros países y situaciones.

4. Conclusiones

Se determinó un efecto proporcional positivo entre el Cociente Fototermal (CF) y la concentración de sólidos solubles totales (SST). Se obtuvo una ecuación lineal a partir de la cual se dedujo que por cada incremento del CF aumenta en 4,0% los SST. El modelo obtenido permite explicar que más del 60% de la variabilidad en los SST fueron debidas al CF. A partir de datos climáticos promedios normales y del cálculo del CF se concluyó que la fecha más favorable para obtener una mayor concentración de SST se sitúa entre el 1 de noviembre y el 15 de diciembre para la región central de Argentina. El cálculo del CF como predictor de la calidad de melón podría ser mejorado considerando la radiación efectivamente interceptada por el cultivo y la utilización de temperaturas cardinales para el cálculo del tiempo termal.

5. Referencias bibliográficas

- Albuquerque, B.; Lidon, F.C.; Barreiro, M.G. 2006. A case study on the flavor properties of melón (*Cucumis melo* L.) cultivars. *Fruits* 61(5): 333-339.
- Andrade, F.H. 2012. Contribuciones de la ecofisiología de cultivos a la producción agrícola. *Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria*, Tomo LXVI, 345-377 p. Buenos Aires.
- Beckles, D.M. 2012. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 63(1): 129-140.
- Bouzo, C.A.; Küchen M.G. 2012. Effect of temperature on rate of crop development melon. *Agr. Res.* 10(1-2): 283-294.
- Davies, J.N.; Hobson, G.E. 1981. The constituents of tomato fruit--the influence of environment, nutrition, and genotype. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 15(3):205-280.
- Devi, S.; Varma, L.R. 2014. Quality of muskmelon (*Cucumis melo* L.) as influenced by plant spacing and levels of pruning under greenhouse. *J. Progress. Hortic.* 46(1): 121-123.
- El-Assi, N.M.; Alsmeirat, N.; Alhadidi N. 2011. Determination of the Optimum Harvest Date for 'Magenta' Charentais Melon (*Cucumis melo* L.) Fruit in Jordan. *Jordan J. Agric. Sci.* 7(1): 32-42.
- Fajar-Falah, M.A.; Khuriyati, N.; Safitri, R.A.; Revulaningtyas, I.R. 2014. Quality evaluation of fresh and fresh-cut melon (*Cucumis melo* L.) fruit in a tropical environment. *J. Agric. Tech.* 10(5): 1201-1211.
- Fajar Falah, M.A.; Nadineb, N.D.; Suryandono, A. 2015. Effects of Storage Conditions on Quality and Shelf-life of Fresh-cut Melon (*Cucumis melo* L.) and Papaya (*Carica papaya* L.). *Proc. Food Sci.* 3: 313-322.
- Freyre, C.E.; Schapschuk, P.A.; Bouzo, C.A.; Bouchet, E.R. 2007. Construcción de un dendrómetro y una estación meteorológica automática para el estudio del crecimiento de frutos. *Revista Científica Agropecuaria* 11(2): 103-109.
- Hartl, D.L. 2011. *Essential Genetics: A Genomics Perspective*, fifth ed. Jones & Bartlett, Sudbury, MA.
- Lingle, S.E.; Dunlap, J.R. 1987. Sucrose Metabolism in Netted Muskmelon Fruit during Development. *Plant Physiol.* 84: 386-389.
- Mattheis, J.P.; Fellman, J.K. 1999. Preharvest factors influencing flavor of fresh fruit and vegetables. *Post. Biol. Techn.* 15(3): 227-232.
- Nix, H.A. 1976. Climate and crop productivity in Australia. p. 495-507. In Yoshida, S. (ed.) *Climate and rice*. IRRI, Los Baños, The Philippines.
- Turcato, A.R. 2014. El más dulce es de San Juan. *Revista Alimentos Argentinos* 55: 16-19.
- Valantin-Morison, M.; Vaissière, B.E.; Gary, C.; Robin, P. 2006. Source-sink balance affects reproductive development and fruit quality in cantaloupe melon (*Cucumis melo* L.). *J. Hortic. Sci. Biotech.* 81(1): 105-117.
- Verzera, A.; Dima, G.; Tripodi, G.; Condurso, C.; Crinò, P.; Romano, D.; Mazzaglia, A.; Lanzac, C.M.; Restuccia, C.; Paratore, A. 2014. Aroma and sensory quality of honeydew melon fruits (*Cucumis melo* L. subsp. melo var. inodorus H. Jacq.) in relation to different rootstocks. *Sci. Hort.* 169: 118-124.
- Villanueva, M.J.; Tenorio, M.D.; Esteban, M.A.; Mendoza, M.C. 2004. Compositional changes during ripening of two cultivars of muskmelon fruits. *Food Chem.* 87(2): 179-185.
- Zhang, H.P.; Wu, J.Y.; Qin G.H.; Yao, G.F.; Qi, K.J.; Wang L.F.; Zhang, S.L. 2014. The role of sucrose-metabolizing enzymes in pear fruit that differ in sucrose accumulation. *Acta Physiol. Plant* 36: 71-77.