

INFLUENCIA DEL ÍNDICE DE FLORACIÓN SOBRE EL DIÁMETRO ECUATORIAL MEDIO DEL FRUTO DE TORONJO (*Citrus paradisi* Macf) EN LA RECOLECCIÓN

Mayda Betancourt[✉], A. Caballero, Vivian Sistachs, María E. García, Miriam Núñez, Caridad Noriega, H. Oliva, C. G. Delgado, C. D. Sánchez, María E. Martín y O. Solano

ABSTRACT. The influence of flowering index on the equatorial mean fruit diameter was studied at harvest time. The experiment was conducted in a grapefruit (*Citrus paradisi* Macf) orchard of Marsh cultivar grafted on sour orange (*Citrus aurantium* Linn). The relationships between both indicators were determined through Chi Square test and Spearman correlation. Results enabled to conclude that the equatorial mean fruit diameter at harvest time is closely and negatively related to flowering intensity, and even at flowering levels of up to 50 % reproducing sprouts, the greatest equatorial mean diameter percentage corresponded to 99-105 mm; then, fruits are classified as big ones (commercial size 36), meanwhile those derived from a higher intensity than 50 % got 95-77 mm diameter at harvest time, mid size (commercial size 40).

RESUMEN. Se estudió durante un período de cuatro años la influencia del índice de floración alcanzado por la planta sobre el diámetro ecuatorial medio del fruto en la recolección. El experimento se ejecutó en una plantación de toronjo (*Citrus paradisi* Macf) cv 'Marsh' injertado sobre naranjo agrio (*Citrus aurantium* Linn). A través de la prueba de Chi Cuadrado y la correlación de Spearman se determinaron las relaciones entre los dos indicadores evaluados. De los resultados se pudo concluir que el diámetro ecuatorial medio del fruto en la recolección está estrechamente relacionado y de forma negativa con el índice de floración alcanzado por la planta y para los índices de floración 1 y 2 el mayor porcentaje de diámetro ecuatorial medio se correspondió con los valores entre 99-105 mm, los que se clasifican como frutos grandes (calibre comercial 36), mientras que los frutos procedentes de floraciones con índice 3 obtienen un diámetro en la recolección de 95-97 mm, tamaño mediano (calibre comercial 40).

Key words: *Citrus paradisi*, flowering, fruit, diameter

Palabras clave: *Citrus paradisi*, floración, fruto, diámetro

INTRODUCCIÓN

La floración representa el estado superior de desarrollo de las plantas, con lo cual se inicia el proceso reproductivo. Esta característica le confiere una importancia relevante en la formación del rendimiento, en especial en los cítricos. Por consiguiente, la producción final por planta depende de la manifestación de la floración, del número de frutos que alcanzan la madurez (cua-

jado), y del crecimiento y desarrollo del fruto, expresado este último proceso en dos indicadores fundamentales: la masa fresca y el diámetro ecuatorial.

El tamaño del fruto en la recolección está condicionado por un conjunto de factores, tanto endógenos como exógenos. Dentro de los factores endógenos la competencia entre órganos en desarrollo tiene un efecto marcado sobre el tamaño del fruto, debido a que desde el momento de la anthesis el tamaño del ovario está inversamente relacionado con el número de flores formadas, y esta relación se demuestra para flores situadas en inflorescencias con y sin hojas. No obstante, la expresión genética de cada variedad determina el grado de relación entre la floración y el tamaño final, el que no puede ser explicado solamente por la competencia entre órganos en desarrollo (1, 2, 3).

Por otra parte, los factores exógenos y, en especial, los ambientales han demostrado tener una influencia marcada sobre la fisiología de la planta en: la absorción de agua y nutrientes, acumulación de metabolitos y forma de crecimiento del fruto (3, 4, 5).

Dra.C. Mayda Betancourt, Dra.C. María E. García, Ms.C. Caridad Noriega y Ms.C. H. Oliva, Investigadores Auxiliares; C. G. Delgado, Reserva Científica y Ms.C. C. D. Sánchez, Investigador Agregado del Departamento de Fisiología y Cosecha, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT), 7ma. y 32, Playa, Ciudad de La Habana; Dr.C. A. Caballero, Investigador Titular del Departamento de Matemática Aplicada y Dra.C. Miriam Núñez, Investigador Titular del Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana.; Dra.C. Vivian Sistachs, Profesor Auxiliar de la Facultad de Matemática de la Universidad de La Habana (UH); María E. Martín, Especialista y Dr.C. O. Solano, Investigador Titular del Departamento de Agrometeorología, Instituto de Meteorología, Ciudad de La Habana, Cuba.

✉ villafana@cubarte.cult.cu

En este trabajo se aborda el estudio de la influencia del índice de floración alcanzado por la planta sobre el diámetro ecuatorial medio del fruto de toronjo en la recolección.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló durante cuatro años en una plantación de 18 años de edad de toronjo (*Citrus paradisi* Macf) injertado sobre naranjo agrio (*Citrus aurantium* Linn) cv ‘Marsh’, con un marco de plantación de 5 x10 m sobre un suelo de tipo Alítico (6) de la Empresa de Cítricos en la Isla de la Juventud. Para la ejecución del experimento se utilizaron 25 plantas distribuidas en la doble diagonal del campo, donde cada una constituye una réplica.

El índice de floración por planta se determinó a través de observaciones fenológicas por el método semi-cuantitativo (7). Los muestreos se iniciaron en la segunda década de febrero y se extendieron hasta la plena floración con una periodicidad semanal. Los índices de floración evaluados fueron:

1. hasta el 25 % de los brotes con actividad reproductiva
2. del 25-50 % de los brotes con actividad reproductiva
3. más del 50 % de los brotes con actividad reproductiva.

En septiembre se realizó la cosecha y se seleccionaron al azar 100 frutos.planta⁻¹, a los que se les determinó el diámetro ecuatorial (Φ) con un pie de rey de ± 0.05 mm de precisión.

Los diámetros ecuatoriales medio.planta⁻¹ fueron clasificados por rango, asignándole un índice y expresándolos en calibres comerciales, los que están comprendidos del 72 al 27 (Tabla I); también se establecieron categorías por tamaño:

- ⇒ pequeño (p): calibres comerciales 72-56
- ⇒ mediano (m): calibres comerciales 48-40
- ⇒ grande (g): calibres comerciales 36-27.

Se determinó la media y el error estándar del diámetro ecuatorial medio del fruto por índice de floración, así como las relaciones y dependencia a través de las técnicas estadísticas: prueba de Chi cuadrado y correlación de Spearman.

Tabla I. Clasificación del diámetro ecuatorial del fruto en índices

Índices del diámetro ecuatorial (ID)	Diámetro ecuatorial del fruto (mm)	Calibres comerciales	Tamaño
ID 1	77-82	72	p
ID 2	83-86	64	p
ID 3	87-90	56	p
ID 4	91-94	48	m
ID 5	95-98	40	m
ID 6	99-105	36	g
ID 7	106-110	32	g
ID 8	111-118	27	g

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Influencia del índice de floración sobre el diámetro ecuatorial medio del fruto en la recolección. Los resultados del análisis de la influencia del índice de floración sobre el diámetro ecuatorial medio del fruto en la recolección, durante los cuatro años evaluados y para todos los años, se muestran en la Figura 1. El diámetro ecuatorial medio de los frutos, cuando las plantas tuvieron índices de floración 1 y 2 superó los 100 mm, encontrándose siempre los mayores valores para el índice 1, con excepción del primer año, en el cual los frutos no superaron los 100 mm; además, tanto con el índice 1 como con el 2, los frutos tuvieron un comportamiento similar, lo que sugiere la presencia de un factor limitante de crecimiento del fruto no relacionado con la intensidad de la floración.

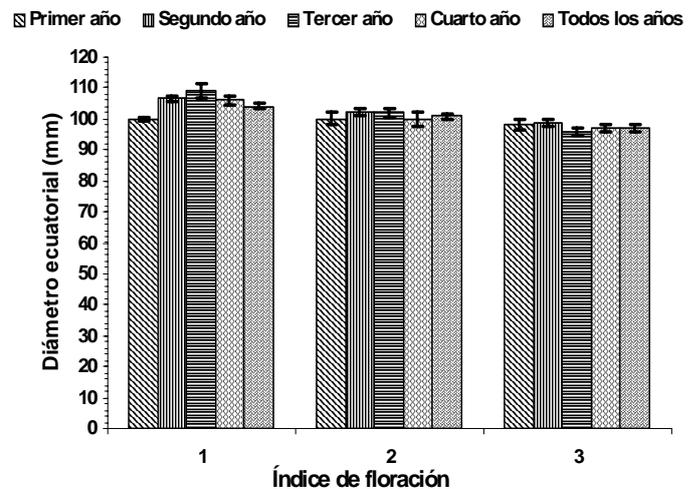


Figura 1. Diámetro ecuatorial medio del fruto obtenido en la recolección por índice de floración (n=100 frutos por planta)

Para este año, se presentaron condiciones meteorológicas de bajos acumulados de precipitaciones y temperaturas media del aire ligeramente superiores durante el período mayo-octubre con respecto a los tres años restantes (Tabla II). Esto podría explicar los resultados para este año, debido a que en este período transcurre y culmina la fase II de crecimiento lineal del fruto, en la que queda definido el tamaño final de este, referido a su diámetro ecuatorial. Esto confirma lo planteado sobre la influencia que ejerce la humedad del suelo y las temperaturas en la fase II de crecimiento del fruto (1, 8, 9, 10, 11).

Tabla II. Comportamiento de las temperaturas media del aire y los acumulados de precipitaciones durante el período mayo-octubre

Años	Temperatura media del aire (°C)	Acumulado de precipitaciones (mm)
Primero	27.6	842.6
Segundo	27.4	1097.0
Tercero	27.4	1406.3
Cuarto	26.8	999.2

Los frutos procedentes de las plantas con índice 3 de floración presentaron un diámetro medio que osciló entre los 95-97 mm, con una tendencia en el valor medio bien definida durante los cuatro años evaluados. Sin embargo, para la media de los frutos correspondientes al segundo año, se encontró el mayor error estándar y, por consiguiente, los frutos tuvieron un diámetro medio más variable por planta. De forma general, cuando las plantas alcanzaron índices de floración 3, el diámetro medio de los frutos disminuyó en relación con los procedentes de plantas con índices de floración 1 y 2.

Los resultados coinciden con otros (1, 12), quienes señalaron que las diferencias en el tamaño final del fruto se inician en estados muy precoces del desarrollo del ovario, las cuales están relacionadas con la intensidad y cuantía de la floración.

La relación de dependencia detectada por la prueba de Chi cuadrado (χ^2), para los índices de diámetros en relación con el índice de floración, resultó altamente significativa para el primero, tercero y cuarto año, difiriendo los resultados del segundo año para un 5 %. Este fue el único año de los cuatro evaluados que contó con un porcentaje de diámetros de 87-90 mm, los que se clasifican como calibre comercial 56, tamaño pequeño (Tabla III).

De forma general, en las plantas que presentaron índices de floración 1, el diámetro ecuatorial medio de los frutos se ubicó en los tamaños grandes, es decir, 99-118 mm (índices 6, 7, 8), mientras que los frutos procedentes de las plantas con índice 2 presentaron diámetros entre 95 y 110 mm (índices 5, 6 y 7) con el mayor porcentaje en casi todos los años en el índice 6, que resulta el rango

inferior de los frutos categorizados como grandes. Por otra parte, cuando el índice de floración fue 3, los diámetros ecuatoriales medio se ubicaron con los porcentajes más altos en los índices 4 y 5, que corresponden a valores entre 91-98 mm, es decir, a tamaños medianos. Es necesario señalar que no todos los años tuvieron un comportamiento similar, pero sí se encontró una tendencia bien definida por año entre los índices de floración y del diámetro ecuatorial medio del fruto.

Cuando se analizan los valores de los cuatro años estudiados, este comportamiento fue más definido (Tabla IV), lo cual permite plantear que las plantas cuando alcanzan índices de floración 1, el diámetro ecuatorial medio del fruto estará comprendido entre 99-118 mm, correspondiéndose con los calibres comerciales 36, 32 y 27, los que se clasifican como grandes; para el índice de floración 2, los diámetros estarán de 95-110 mm y los calibres serán: 40, 36 y 32, tamaño de mediano a grande, prevaleciendo aún el grande y para el índice de floración 3, el diámetro ecuatorial medio se ubicará fundamentalmente de 91-98 mm, calibre comercial medio 48 y 40, tamaño mediano.

La magnitud del nivel de relación entre los índices de floración y el diámetro ecuatorial medio se muestra en la Tabla V. Se encontró una relación negativa y altamente significativa entre las dos variables evaluadas; esto demuestra que en la medida que se incrementa la floración, el índice del diámetro ecuatorial medio del fruto disminuye, o lo que es lo mismo, los frutos alcanzan menores tamaños para el índice de floración 3.

Tabla III. Relación de dependencia del índice de diámetro ecuatorial medio del fruto en la recolección con el índice de floración durante el período de cuatro años (n=25 por año)

Años	Índices de floración (IF)		Índices de diámetro ecuatorial medio del fruto (ID)						Total
			3	4	5	6	7	8	
Primero $\chi^2=27.75^{**}$	1	Frecuencia	0	0	2	13	1	0	16
		Porcentaje	0.0	0.0	8.0	52.0	4.0	0.0	64.0
	2	Frecuencia	0	0	4	1	0	0	5
		Porcentaje	0.0	0.0	16.0	4.0	0.0	0.0	20.0
	3	Frecuencia	0	3	1	0	0	0	4
		Porcentaje	0.0	12.0	4.0	0.0	0.0	0.0	16.0
Segundo $\chi^2=22.58^*$	1	Frecuencia	0	0	0	5	3	2	10
		Porcentaje	0.0	0.0	0.0	20.0	12.0	8.0	40.0
	2	Frecuencia	0	0	3	3	1	0	7
		Porcentaje	0.0	0.0	12.0	12.0	4.0	0.0	28.0
	3	Frecuencia	1	3	4	0	0	0	8
		Porcentaje	4.0	12.0	16.0	0.0	0.0	0.0	32.0
Tercero $\chi^2=31.21^{**}$	1	Frecuencia	0	0	0	2	4	6	12
		Porcentaje	0.0	0.0	0.0	8.0	16.0	24.0	48.0
	2	Frecuencia	0	0	1	5	1	0	7
		Porcentaje	0.0	0.0	4.0	20.0	4.0	0.0	28.0
	3	Frecuencia	0	2	4	0	0	0	6
		Porcentaje	0.0	8.0	16.0	0.0	0.0	0.0	24.0
Cuarto $\chi^2=25.48^{**}$	1	Frecuencia	0	0	0	6	5	2	13
		Porcentaje	0.0	0.0	0.0	24.0	20.0	8.0	52.0
	2	Frecuencia	0	0	2	6	0	0	8
		Porcentaje	0.0	0.0	8.0	24.0	0.0	0.0	32.0
	3	Frecuencia	0	2	2	0	0	0	4
		Porcentaje	0.0	8.0	8.0	0.0	0.0	0.0	16.0

Tabla IV. Relación de dependencia del índice de diámetro ecuatorial medio del fruto en la recolección con el índice de floración (n=100)

Años	Índices de floración (IF)	Índices de diámetro ecuatorial medio del fruto (ID)						
		3	4	5	6	7	8	Total
Todos	1 Frecuencia	0	0	2	26	13	10	51
	Porcentaje	0.0	0.0	2.0	26.0	13.0	10.0	51.0
2	Frecuencia	0	0	10	15	2	0	27
	Porcentaje	0.0	0.0	10.0	15.0	2.0	0.0	27.0
3	Frecuencia	1	10	11	0	0	0	22
	Porcentaje	1.0	10.0	11.0	0.0	0.0	0.0	22.0

Tabla V. Relación entre los índices de floración y diámetro ecuatorial medio del fruto en la recolección (n=25 por año y para todos los años n=100)

Años	Coefficiente de Spearman	P
Primero	- 0.79	**
Segundo	- 0.83	**
Tercer	- 0.86	**
Cuarto	- 0.78	**
Todos	- 0.77	**

Los valores más altos de los coeficientes se encontraron para los años segundo y tercero, seguidos del primero y cuarto; en este último, se encontró el valor más bajo -0.78. La relación encontrada para estos dos años influyó en el resultado del análisis de todos los años, con un valor de -0.77.

Obtener una relación de -0.77 entre el diámetro ecuatorial medio del fruto en el momento de la recolección con el índice de floración alcanzado por la planta, constituye un indicador de referencia importante para la comercialización en fresco, donde el tamaño constituye un índice de calidad.

Resulta importante destacar la importancia teórica y práctica de los resultados de este estudio para el cultivar toronjo 'Marsh' cultivado en la Isla de la Juventud y para el país, ya que representa la primera información sobre el tamaño que el fruto puede alcanzar en el período de recolección, desde fechas tan tempranas como la floración.

Desde el punto de vista científico, estos resultados constituyen la base para desarrollar modelos predictivos del diámetro ecuatorial medio del fruto a partir del índice de floración y ofrecen una orientación metodológica a tener en cuenta, en el caso que sea necesario modificar el tamaño final del fruto, a través de diferentes técnicas desde edades tempranas del crecimiento y desarrollo del fruto.

CONCLUSIONES

- * En las condiciones del clima tropical húmedo de Cuba, el diámetro ecuatorial medio del fruto en la recolección está estrechamente relacionado con el índice de floración alcanzado por la planta.
- * Los frutos procedentes de plantas con índices de floración 1 y 2 alcanzan el mayor porcentaje de diámetro ecuatorial medio en la recolección entre 99-105 mm, el que se corresponde con el calibre comercial 36 clasificado como grande, mientras que los tamaños medianos se corresponden con el índice de floración 3.

REFERENCIAS

1. Agustí, M. Citricultura. Madrid:Ediciones Mundi-Prensa, 2000. 456 p.
2. Guardiola, J. L. Regulations of flowering and fruit development endogenous factors and exogenous manipulation. En: Proc. Int. Soc. Citriculture (2:2000), 2000. p. 342-346.
3. Agustí, M.; Martínez-Fuentes, A.; Mesero, C.; Juan, M. y Almela, V. Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos. Serie Divulgación Técnica. Genereitat Valencia.Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2003. 80 p.
4. Sánchez-Díaz, M. y Aguirreolea, J. Transporte de agua y balance hídrico en la planta. En: Fundamentos de Fisiología Vegetal. Barcelona:Universidad de Barcelona, 2000. p. 45-64.
5. Sánchez-Baños, M. Tecnología del cultivo del pomelo en la región de Murcia. *Levante Agrícola*, 2001, vol. 40, no. 357, p. 308-314.
6. Cuba. Minagri. Instituto de Suelos. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana:AGRINFOR. 1999. 64 p.
7. Frómata, E. M. y Torres, M. O. Fenología citrícola tropical. Su importancia. *Boletín de Reseña. CIDA*, 1990, 71 p.
8. Núñez, M. Crecimiento y desarrollo de los frutos de tres especies del género *Citrus* e influencia del clima, los patrones y la nutrición mineral. [Tesis de grado]; INCA. 156 p.
9. Davies, F. S. y Albrigo, L. G. Citrus crop productions. Science in Hort. CAA Int. 1994. 254 p.
10. Solano, O. J. O. Influencia de las condiciones agrometeorológicas en el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento del naranjo 'Valencia'. [Tesis de grado]. Academia de Ciencias de Cuba. Instituto de Meteorología. 1990. 182 p.

Recibido: 6 de octubre de 2005

Aceptado: 5 de junio de 2006