

Estudio pomológico de la toronja (*Citrus paradisi* Macf. cv. Marsh) relacionado con la abscisión de los frutos

Fruit study of the grapefruit (*Citrus paradisi* Macf. cv. Marsh) related with the abscission of the fruits

Pedro Marrero Suárez¹, Sara Pérez Luis¹, Eva Santos Quesada¹, Fernando Franco Flores²

1 Departamento de Ciencias Biológicas. Universidad de Ciego de Ávila.

2 Jardín Botánico de Villa Clara. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

E-mail: cbio@unica.edu.cu y cbio@unica.edu.cu

RESUMEN. En el trabajo se hace un estudio de las características anatómicas y morfométricas del fruto en la toronja 'Marsh' relacionado con la abscisión en las condiciones agroclimáticas de Ciego de Ávila. La fase de crecimiento I, o de división celular se caracteriza por un ritmo de crecimiento activo y transcurre aproximadamente en los dos meses posteriores a la caída de los pétalos. En esta fase se desarrolla predominantemente la corteza, expresado en la expansión y materia seca del flavedo y el albedo a la par que el endocarpo se llena de vesículas jugosas inmaduras. En la fase II o de crecimiento por extensión celular el endocarpo se desarrolla de forma muy dinámica y aumenta el volumen del fruto y de las vesículas de jugos en particular, debido a la acumulación progresiva de asimilatos solubles, que alcanza su grado máximo en el fruto maduro. Se aumenta el contenido relativo de agua con la consiguiente disminución de la materia seca. Los frutos que absciden se muestran amarillentos, con mesocarpo más sólido y un contenido relativo de agua muy inferior a los frutos persistentes. Los trastornos anatómicos del pedúnculo, tales como la obstrucción de los vasos del xilema por cristales de oxalato de calcio dificultan la nutrición del fruto y favorecen el proceso de abscisión.

Palabras clave: abscisión, fruto, pomología, toronja.

ABSTRACT. In this work is made a study of the anatomical and morphometrical characteristics of the fruit in the grapefruit 'Marsh' related with the abscission in the agroclimatic conditions of Ciego de Avila. Growth phase I or of cellular division it is characterized by a of active growth rate. It lasts approximately two later months after the petal fall. In this phase is developed mainly the rind, expressed by the expansion and the dry matter of the flavedo and the albedo, and at the same time the endocarp is full of immature juicy vesicles. In phase II or growth phase due to the cellular extention of the endocarp, it is developed in a very dynamic way and the fruit volume and the vesicles'juic increase, due to the progressive accumulation of soluble assimilates that reaches its maximum level in the mature fruit. It increases the relative water- content and as a result the dry matter decrease. The fruits fall show yellowish color, with more solid mesocarp and a relative water - content very low in relation to the persistent fruits. The anatomical disturbances of the peduncle, such as the obstruction of the xylem vessel for glasses of calcium oxalate, make the fruit nutrition difficult and help the abscission process.

Key words: abscission, fruit, pomology, grape-fruits.

INTRODUCCIÓN

El desprendimiento precoz de los frutos en los cítricos, en las condiciones climáticas de Cuba, constituye un problema biológico de repercusión económica (Pozo, 1997). La regulación de los procesos de formación y crecimiento de los frutos del género *Citrus* está determinada por una interacción genotipo-ambiente muy compleja. (Talón, 1997)

El ajuste entre el crecimiento vegetativo y la fructificación se alcanza a través del mecanismo

natural de la abscisión precoz de los frutos. Los bajos rendimientos de los cítricos en Cuba están influenciados por un conjunto heterogéneo de factores, incluyendo los de tipo fisiológicos, entre estos últimos se encuentra la excesiva abscisión precoz de los frutos que tiene lugar en todas las especies y variedades de cítricos que se cultivan con interés económico en todo el país.

El fenómeno de la caída temprana de los frutos en los cítricos está relacionado con las condiciones agroclimáticas bajo las que se desarrolla el cultivo y

las prácticas culturales que se apliquen durante las etapas de desarrollo del fruto, especialmente en la fase I y al final de esta, en la transición a la fase II, donde su caída es propiciada por la actividad de promotores e inhibidores del crecimiento en las estructuras florales precedentes y, posteriormente, en las zonas del pedúnculo por donde se produce la capa de separación. Huberman (1983), señaló que las células sufren una serie de transformaciones que conducen a la separación celular en una activa zona de abscisión. La pared celular aumenta su grosor, desaparecen gradualmente los compuestos polisacáridos, la pared se disuelve y degrada, hasta que finalmente las células se separan.

En este trabajo se tipifican parámetros físicos, morfométricos y anatómicos que propician la abscisión precoz en la toronja 'Marsh'.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado en una plantación de toronja (*Citrus paradisi* Mcf. cv *Marsh*), de 30 años de plantada en el Jardín de Variedades de la Empresa Citrícola de Ceballos.

Se seleccionaron 10 árboles de los cuales se tomaron 15 muestras de frutos caídos y no caídos en diferentes estadios de desarrollo fenológico.

Para el análisis anatómico, las muestras fueron procesadas mediante técnicas histológicas convencionales de inyecciones en parafina.

Los cortes de secciones longitudinales de pedúnculos se efectuaron a 20 mm de espesor y, posteriormente, se tiñeron con safranina y verde rápido. (Johansen, 1940)

Las preparaciones fijas fueron examinadas con un microscopio óptico y las estructuras histológicas de los frutos con un estereomicroscopio, lupa graduada y una regla.

El contenido relativo de humedad se determinó mediante el secado de las muestras en la estufa a 60 °C por diferencia entre peso fresco y peso seco de las muestras

Se determinaron los indicadores físicos siguientes:

- Peso fresco y seco de los frutos.
- Por ciento de humedad.
- Por ciento de peso total del fruto.

Los datos para el análisis estadístico fueron procesados por el test de Duncan (1955).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambios en el contenido de materia seca en los tejidos del fruto de toronja 'Marsh' durante sus fases de desarrollo

En las tablas 1 y 2 se muestran las variaciones en el peso seco y fresco de los tejidos de la corteza (flavedo + albedo) y del endocarpo (expresados en el contenido de humedad). La corteza disminuye gradualmente el contenido del agua durante el desarrollo del fruto sin marcadas diferencias entre las fases I y II, no obstante, el endocarpo incrementa este índice en más del doble en la transición de la fase I a la fase II. Estos resultados evidencian que en las fases de división celular el contenido relativo de agua se incrementa ligeramente con el crecimiento gradual centrífugo de la corteza, mientras que el endocarpo incrementa rápidamente el contenido de agua a causa del crecimiento de las vesículas jugosas las cuales se llenan de jugo que se traduce en contenido acuoso. En el análisis del por ciento de peso con respecto al peso total del fruto también se aprecia que la contribución relativa del flavelo y el albedo disminuye sensiblemente cuando pasa de la fase I a la fase II, mientras que el endocarpo muestra una tendencia contraria.

Estos resultados se corresponden con Tolson *et Lovatt* (1987), en un estudio realizado en naranjo "Navel", donde se plantea que la corteza incrementa su peso seco de forma muy marcada durante los primeros meses de crecimiento del fruto y que las vesículas de jugo llenan completamente los lóculos del endocarpo durante este periodo, pero la contribución de materia seca es baja, mientras que el endocarpo y eje durante los últimos meses de desarrollo aumentan abruptamente el peso seco y el contenido relativo de agua.

Tabla 1. Contenido de materia seca de la corteza del fruto en la toronja ‘Marsh’ en sus diferentes fases fenológicas (nivel de confianza al 95 % de probabilidad)

Fase fenológ.	Edad del fruto (meses)	Diámetro ecuatorial (cm)	Albedo + Flavedo			
			Peso fresco	Peso seco	Por ciento relativo de humedad	Por ciento del peso total del fruto
I-A	0-1	1,0-3,0	15, 3 ± 0,4	4, 6 ± 0,2	65,0 ± 2,8	93, 4 ± 0,5
I-B	1-2	3,1-5,0	44, 8 ± 0,3	16,4 ± 0,8	57,2 ± 2,0	90,6 ± 0,7
II-A	3-4	5,1-8,0	62, 2 ± 0,3	15,0 ± 0,5	59, 6 ± 2,0	79, 9 ± 1,7
II-B	4-5	8,1-11,0	247,2 ± 5,0	37,0 ± 0,7	48,0 ± 0,8	57, 0 ± 0,9
III	>5	11,1-13,0	269, 5 ± 2,0	50,0 ± 0,2	31,0 ± 1,6	38, 7 ± 1,0

Tabla 2. contenido de materia seca en el endocarpo del fruto de toronja ‘Marsh’ en sus diferentes fases fenológicas (Nivel de confianza al 95 % de probabilidad)

Fase Fenológica	Edad Del Fruto (meses)	Diámetro ecuatorial (cm)	Endocarpo + Eje			
			Peso fresco	Peso seco	% relativo de humedad	% del peso total del fruto
I-A	0-1	1,0-3,0	1,0±0,2	0,2±0,02	5,1±0,2	6,5±0,4
I-B	1-2	3,1-5,0	4,6±0,2	1,0±0,15	7,2±0,3	9,3±0,4
II-A	3-4	5,1-8,0	15,6±0,4	2,0±0,04	16,0±0,3	20,0±1,2
II-B	4-5	8,1-11,0	186,0±2,0	25,0±0,2	37,0±0,8	42,9±2,0
III	>5	11,1-13,0	425,5±8,0	36,7±2,0	55,5±1,0	61,2±3,0

Contenido relativo de agua en frutos persistentes y abscididos

La tabla 3 refleja la contribución en peso fresco y seco por los distintos tejidos en frutos persistentes y caídos, así como el contenido relativo de agua. El peso fresco total (PFT) no varió sensiblemente en los frutos persistentes ni en los abscididos, mientras el PST (peso seco total), al final de la fase I, decreció en más de la mitad en los frutos abscididos. El peso fresco del flavedo + albedo (PFFI+A) disminuyó de forma similar en frutos caídos de mayor diámetro. El endocarpo + eje no sufrió marcadas variaciones en los parámetros medidos.

Los frutos caídos presentan un menor contenido relativo de agua según se aprecia en la citada tabla. Esto demuestra que los frutos abscididos presentan un mesocarpo más compacto y endocarpo con vesículas de jugo poco jugosas.

Características visuales de los frutos abscididos

Los frutos caídos presentan coloración amarillenta por la presencia de xantofila en el flavedo y como aspecto morfológico distintivo tienen tendencia a la asimetría carpelar.

Esto coincide con los trabajos de González (1968) que expresa que la abscisión de los frutos se produce durante la caída de los pétalos o poco después, y que durante este periodo se observa en los árboles unos frutos que crecen muy lentamente y detienen su desarrollo; toman un color amarillento en su tonalidad, con apariencia poco lustrosa.

Los frutos caídos poseen menos contenido de humedad (tabla 3) posiblemente relacionado con una insuficiente alimentación hidrocarbonada, a lo que se suma la obstrucción de los vasos del xilema por cristales de oxalato de calcio en la zona proximal del pedúnculo.

Tabla 3. Parámetros físicos del fruto de la toronja ‘Marsh’ en frutos persistentes y abscididos (Nivel de significación al 95 % de probabilidad)

Parámetros físicos	Fase I-A (diámetro 1-3 cm)		Fase I-B (diámetro 3,1 – 5 cm)	
	Frutos persistentes	Frutos caídos	Frutos persistentes	Frutos caídos
P.F.T (g)	16,65 a	14,25 b	49,40 a	30,41 b
P.S.T (g)	5,80 b	7,04 a	18,40 a	7,40 b
P.F (F1+A) (g)	15,37 a	13,21 b	44,08 a	27,08 b
P.S (F1+A) (g)	4,67 b	6,71 a	16,40 a	6,66 b
P.F (En+E) (g)	1,07 a	1,07 a	4,26 a	3,33 a
P.S (En+E) (g)	0,22 a	0,30 a	1,00 a	0,73 a
C.R.A (%)	69,60 a	43,82 b	62,75 a	46,57 b

Simbología:

P.F. (peso fresco);

P.S (peso seco);

A+ Fl (albedo + flavedo);

En+E (endocarpo + eje);

C.R.A (contenido relativo de agua)

Aspectos anatómicos del pedúnculo de frutos abscididos y no abscididos

Los pedúnculos procedentes de frutos no caídos al ser examinados a través del microscopio muestran la presencia de células de tamaño uniforme, sin suberificación ni indicios de células activadas en división celular. (Figura 1A); sin embargo, al observar los pedúnculos procedentes de frutos caídos se aprecia claramente una zona suberificada (Figura 1B) en ella, ampliando la zona de observación, queda claramente visible una capa de células en activa división celular (Figura 1C) situada por encima de la zona cicatrizal, aspecto por el cual se infiere el debilitamiento del pedúnculo. En esta zona también se observa la presencia de numerosos cristales de oxalato de calcio (Figura 1D).

Weaver (1982), señala que los cítricos tienen dos zonas de abscisión, éstas se caracterizan por la formación de capas celulares distintas y específicas que con frecuencia se sitúan en la base del peciolo. La abscisión incluye las funciones de separación y protección, el proceso de separación y protección trae consigo cambios en el metabolismo de las paredes celulares y la estructura química de las

pectinas, que forman la lámina media, en la mayoría de las especies, solo se disuelven las pectinas de la lámina media y parte de la celulosa de la pared primaria, en ciertas plantas desaparece toda la pared celular y el contenido de las células adyacentes. En ocasiones la formación de la capa de abscisión conlleva a una serie de divisiones de las células que le son próximas, esas nuevas células se diferencian en un estrato de células suberificadas que forman una capa protectora sobre la herida que dejó la abscisión (Figura 1 C); sin embargo, la separación y división celular, son procesos independientes. En algunas plantas se presenta la división celular antes de la abscisión, en otras se produce después, y en otras no hay división celular. En general, cuando se produce división celular, su función es formar una capa protectora y no provocar una separación. El proceso de abscisión no es pasivo, para que ocurra se consume energía metabólica.

Es un fenómeno característico la presencia de células mecánicas de tipo braquiesclerocitos (1-E) y la obstrucción de los vasos del xilema por cristales de oxalato de calcio (1-F) en los frutos que absciden, quedando éstos bloqueados para el suministro de agua y sustancias minerales.

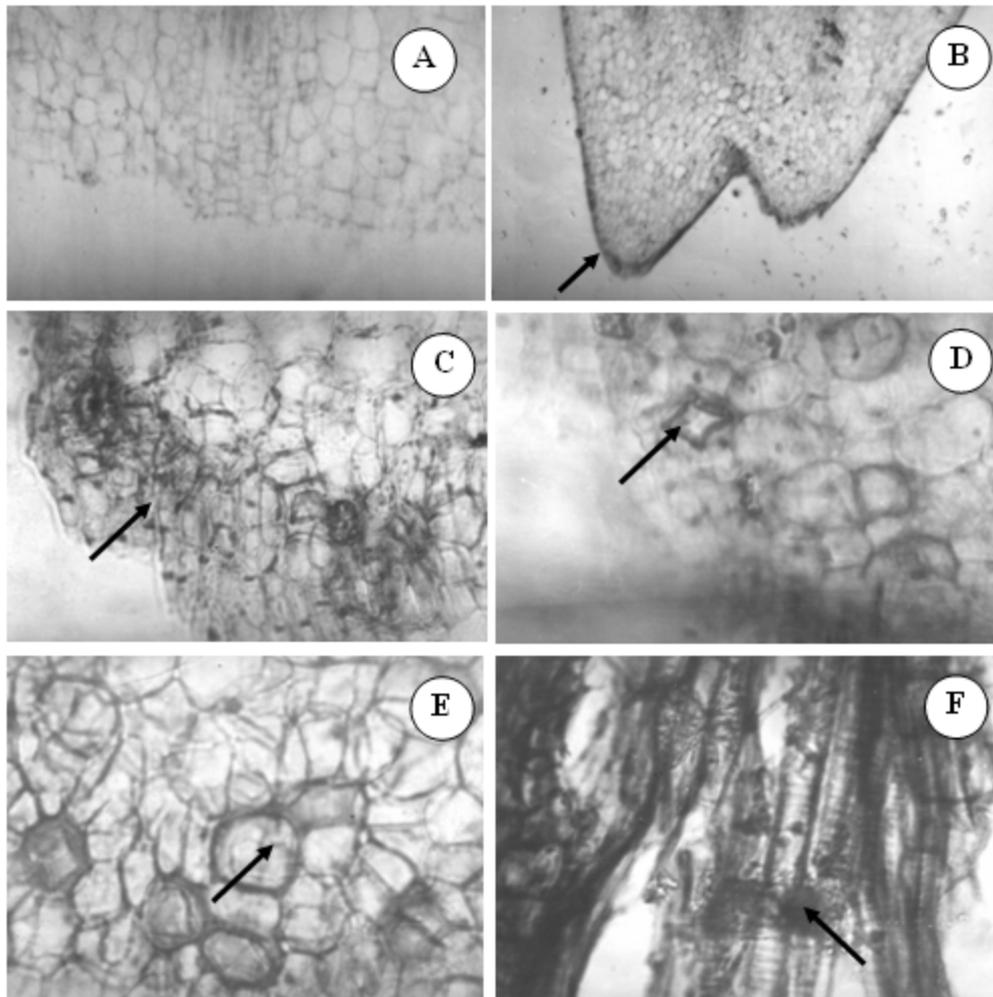


Figura 1. Microfotografías (MO) que muestran las alteraciones anatómicas del pedúnculo en frutos abscididos.
1-A.- Sección longitudinal del pedúnculo en un fruto persistente (150 x).
1-B.- Extremo distal del pedúnculo en un fruto abscidido donde se observa la contricción distal y la formación del estrato cicatrizal (flecha) (100x).
1-C.- Células en activa división previo (flecha) a la formación de la zona cicatrizal (200 x).
1-D.- Presencia de cristales de oxalato de calcio (flecha) en la zona distal del pedúnculo en frutos abscididos (300 x).
1-E.- Esclereida de tipo braquiesclerocito (flecha) en la zona distal del pedúnculo en frutos abscididos (200 x).
1-F.- Vasos del xilema (flecha) obstruidos por cristales de oxalato de calcio (400x).

CONCLUSIONES

1. En la fase II o de crecimiento por extensión celular la corteza del fruto disminuye gradualmente su contenido relativo de agua a causa de que el mesocarpo se torna cada vez más esponjoso, mientras que en el endocarpo este índice aumenta progresivamente debido a la acumulación de asimilatos solubles en las vesículas de jugo.
2. La caída de los frutos en la toronja ‘Marsh’ se produce durante la fase I y transición a la fase II, periodo comprendido desde la caída de los pétalos hasta aproximadamente los tres meses posteriores.
3. Los frutos que absciden crecen muy lentamente, son de color verde amarillento pálido y frecuentemente presentan asimetría carpelar con un mayor contenido de materia seca y disminución del contenido de agua en sus tejidos, lo que se demuestra por la compactación y dureza del mesocarpo.
4. La zona de abscisión del pedúnculo del fruto en los que absciden, difiere anatómicamente de los

frutos persistentes; los primeros presentan gran acumulación de cristales romboides de oxalato de calcio que obstruyen los vasos del xilema, presencia de esclereidas del tipo braquiesclerocitos y espacios lisígenas que facilitan la formación de una capa de separación en la zona proximal.

BIBLIOGRAFÍA

1. González, Sicilia. *El cultivo de los agrios E.R.* Tercera Edición, p. 814, Editorial Bello-Valencia, Instituto del Libro, 1968, La Habana.
2. Huberman, M.; R. Goren and E. Zamski. "Anatomical aspect of hormonal regulation of abscission in Citrus-The shoot-peduncle abscission in the non-abscising stage", *Physiology Plant* 59: 445-454, 1983.
3. Johansen, D. A. *Plant Microtechnique*, McGraw-Hill Book Company, 1940, New York.
4. Tolson Patricia and Carol J. Lovatt. "Nucleotide Metabolism in Washington Navel orange fruit. II Path Way Capa cities During Development," *J. Journal American. Soc. Hort. Sci.* 112 (3): 535-539, 1987.
5. Pozo, L. Aspectos de la abscisión precoz de frutos cítricos y de regulación endógena en las condiciones climáticas de Cuba, Tesis Doctoral Instituto de Investigaciones de Cítricos, 1997, La Habana.
6. Talón, M. "Regulación del cuajado del fruto en cítricos: Evidencias y Conceptos," *Levante Agrícola*. 1: 27-37, 1997.
7. Weaver, J. R. *Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura*, Edit. Trillas, 1982, México.

Recibido: 26/05/2006

Aceptado: 28/09/2006